

حکومت و تشکیل اکادمی



تأليف :
ترجمة :
مراجعة :

حرارة وتشكيل المعادن

نشر هذا الكتاب بالاشتراك
مع
مؤسسة فرنكلين للطباعة والنشر
القاهرة — نيويورك
ديسمبر ١٩٦١

إهداء ٢٠٠٦
عبد السلام علي محمود الرخس
الإسكندرية

حدادة وتشكيل المعادن

تأليف
م.س. ١٠. روزينوف

ومراجعة
الأستاذ حسن حسين زاهي

ترجمة
المهندس فاروق عثمان زاهي شهبان



١٨ شارع سوق التوفيقية بالقاهرة

هذه الترجمة مرخص بها ، وقد قامت مؤسسة فرانكلين للطباعة والنشر بشراء
حق النشر من صاحب هذا الحق .

This is an authorized translation of **FORGING AND
FORMING METALS** by S. E. Rusinoff. Copyright, 1952 by
American Technical Society. Published by American Techni-
cal Society, Chicago, Illinois.

شكر

يقدم المؤلف خالص شكره إلى الأفراد والمؤسسات وصانعي أدوات الحدادة ، وصانعي مكنات الإنتاج والمؤسسات الصناعية الأخرى ، الآتي ذكرهم لتعاونهم العظيم على تقديم الأشكال التوضيحية والمعلومات المفيدة الواردة في هذا الكتاب . واعتارفا بالجميل وبالمساعدة السخية يتقدم المؤلف بشكره الخاص إلى كل من :

ريموند م . سيبوري ، لي أ . دونولي ، ريتشارد د . جرانت ، جمعية الحدادة المتساقطة بكليفلاند بولاية أوهايو ، صموئيل س . كلارك ، ليستر ه . أيرسول ، شركة شيمبرز ريج الهندسية بشيمبرز ريج بولاية بنسلفانيا ، شركة إيري للسباكة بايري بولاية بنسلفانيا ، شركة أ . فينكل وأولاده بشيكاجو بولاية إلينوي ، شركة تحسين الصلب ورش الحدادة بكليفلاند بولاية أوهايو ، شركة أجاكس بتيفين بولاية أوهايو ، س . س . برادلي وولده بسيراكوز ، بولاية نيويورك . والمؤلف مدين للأفراد الآتي ذكرهم ، للمعلومات الثمينة والأشكال التوضيحية المستقاة من كتبهم والتي استعملت في هذا المجلد .

كارل ج . جونش مؤلف كتاب « Metallurgy » علم الفلزات .
شارل برادفورد كول مؤلف كتاب « Tool Design » تصميم العدد والآلات
توم س . بلامريدج وروى و . بويد الصغير ، وجيمس ماكيني الصغير ،
مؤلفو كتاب « Machine Tool Guide » . وقد قامت بنشر جميع هذه الكتب ، الجمعية الأمريكية الفنية .

ويعبر المؤلف عن امتنانه إلى ج . رالف د . أنزيل ، مدير تحرير الجمعية الأمريكية الفنية ، لشجيعه واقتراحاته الثمينة الخاصة بمحتويات الكتاب ، إلى روبرت ج . سوليفان لتحريره الفنى البارِع ، إلى آرثر أ . بارك لتنظيمه الأشكال التوضيحية ، إلى أعضاء قسم الأشكال التوضيحية لمهارتهم الفنية .

س . ١ . روزينوف

محتويات الكتاب

الباب الأول

صفحة	المقدمة
١	تطور فن من الفنون الميكانيكية القديمة . الحداثة عملية أساسية في الإنتاج . استخدام الحداثة في الإنتاج الحديث .

الباب الثاني

١٠	خواص الفلزات (المعادن) منافع الفلزات عند استعمالها . تحديد نوع شبيق الصلب . صفاته وكفائته . العيوب الشائعة في شبيقات الصلب . طرق صناعة الصلب . تبويب أنواع الصلب . تحسين خواص المعدن الفلزائية بالتشغيل الميكانيكي على الساخن . الدرفلة على الساخن هي الخطوة الأولى لتشغيل المعادن على الساخن . مسكنات الدرفلة والمعدات الأخرى . درفلة الشبيقات المربعة والتضخبات اللازمة للحداثة . مزايا عمليات حداثة المعادن .
----	--

الباب الثالث

٣٧	الحداثة اليدوية الحداثة في الزمن القديم . الآلات والعدد اليدوية . سكور الحداد . التسخين للحداثة . درجات حرارة الحداثة . وسائل قياس درجات الحرارة . عمليات الحداثة اليدوية البسيطة . الاحام بالحداثة اليدوية . صناعة الآلات القاطعة بالحداثة اليدوية .
----	---

الباب الرابع

٦٧	الحداثة بالمطارق الميكانيكية عملية الحداثة . المطارق البخارية . المطارق التي تعمل بالهواء المضغوط . المطارق الميكانيكية الصغيرة . عدد وأدوات المطارق الميكانيكية .
----	--

(ح)

الباب الخامس

صفحة

- ٧٦ الحدادة بالطرق المتساقط
أساليب الحدادة بالطرق المتساقط . مميزات الحدادة بالطرق المتساقط
على قوالب . خمس الخامات التي تشغل بالحدادة . للطارق المتساقطة .
قوالب للتشكيل للقفلة . مطرقة اللوح المتساقطة . للطارق المتساقطة
البخارية . طاقة الطريقة وأثر التشكيل بعملية الحدادة . أفران تسخين
المعادن قبل الحدادة . عمليات إضافية . معدات نقل المواد وتناولها .

الباب السادس

- ١١٧ أمثلة للحدادة بالطرق على قوالب
طريقة حدادة ذراع توصيل كبير لمحرك ديزل . حدادة الأجزاء التي بها
نقوب وجيوب ونجاويف . حدادة القطع ذات الجدران الرفيعة . حدادة
الأجزاء المعرضة للصدمات والأحمال تسبب تبك وكلال المعدن . تشكيل
كريات كرلى دوران من الصلب بالحدادة . تشكيل قطع غير منتظمة
الشكل ، عدة منها فى آن واحد . تشكيل القطع المنحنية والقطع التي بها
بروزات وتنوعات بالحدادة .

الباب السابع

- ١٣٤ الحدادة بالضغط
عمليات الحدادة بالضغط باستخدام القوالب المسطحة وقوالب التشكيل
المنقطة . القطع المشكلة بقوالب التشكيل من النوع المفتوح . مكابس
الحدادة الميكانيكية والميدرولية . حدادة القطع الكبيرة بمكابس الحدادة .
حدادة الأجزاء الصغيرة والمتوسطة بحدادة الضغط . استخدام حدادة
الضغط على أساس إنتاجي . تشغيل القطع غير الحديدية بحدادة الضغط
على الساخن تشغيلاً مضبوط الأبعاد . تشغيل أجزاء المكثات بعملية
السك وضبط الأبعاد بحدادة الضغط على البارد .

الباب الثامن

- ١٦١ الحدادة بالمكثات
حدادة الصلب بالكبس على الساخن . مكثات الحدادة بالكبس . القوالب

صفحة

والآلات (العدد) المستعملة في الحدادة بالكبس . أمثلة للأساليب الفنية الحديثة المستخدمة في تشكيل الكبس على الساخن . مسكنات الحدادة بالكبس بالتفذية الأنومائية . أثر الحرارة في الحدادة بالكبس . الحدادة أو التشكيل على البارد . خطوات صنع قطعة بوسيلة الكبس على البارد . لف على البارد .

الباب التاسع

وسائل أخرى للحدادة ١٨٢

حدادة الصلب باستعمال الدوابل . التخريم والسحب الهيدرولي على الساخن . بثق المادن على الساخن . بثق المادن على البارد . تشكيل الصلب بالدوران السريع بالتشغيل على الساخن . تشكيل المواسير غير المنحومة على الساخن . أنابيب الصلب المنحومة . لف المادن على الساخن . مكنة التني والحنى التنيية .

الباب العاشر

تنظيف وتشطيب المطروقات ٢٠٦

إزالة طبقة الأكسيد . تنظيف المطروقات بالتعطيس والتعويض وبالرج والحز في براميل التنظيف الدوارة وبالرش . المعدات الحديثة المستعملة لتنظيف المطروقات بسرعة وبطريقة فعالة . استعمال كريات معدنية لتنظيف المطروقات . عمليات إضافية للتخليل من كية التشغيل بالمسكنات .

الباب الحادى عشر

معاملة المطروقات حراريا ٢١٩

معاملة مطروقات الصلب حراريا . تخمير مطروقات الصلب . استعمال بنية مطروقات الصلب . تصليد مطروقات الصلب . معالجة مطروقات الصلب . ألوان الأكسيد . التصليد بالحث الكهربى . التصليد بالهيب . وسائل أخرى لمعالجة مطروقات الصلب بالحرارة . معاملة مطروقات المادن غير الحديدية بالحرارة . أفران المعاملات الحرارية . القصين في معاملات السوائل .

(ك)

الباب السادس عشر

صفحة

الأساليب الفنية القياسية المنتجة للتشكيل بقوالب التشكيل من النوع	
التفعل والتفاوت	٣٠٢
مقدمة — الأساليب الفنية : التعريف . الميزات . مطروقات قوالب	
التشكيل . المعادن التي تصلح للحداثة . الأساليب الفنية في الحداثة	
التجارية . مقادير التفاوت : درجات التفاوت . مقادير تفاوت السمك	
والعرض والطول والانكماش وتآكل القوالب وانحراف الشكل والمجم	
بعد تهذيب الأطراف وزوايا الاستدقاق والسمكيات والدورانات	
والأركان .	
المراجع	٣١٧
مجموعة من المصطلحات الفنية المستعملة في الحداثة	٣٢١
ملحق به بعض الجداول المفيدة	٣٤٤
النهرس	٣٤٩

الباب الأول

المقدمة

تطور فن من الفنون الميكانيكية القديمة

خاصية قابلية التشكيل في المعادن هي الخاصية التي تسمح بتغيير دائم في شكل المعدن دون أن ينكسر . ولهذه الخاصية أهمية كبرى وتزداد في المعادن خاصية اللدونة إلى درجة كبيرة عند رفع درجة حرارتها ، ويمكن عندئذ إجراء عمليات التشكيل اللازمة لصنع المنتجات المختلفة . وتشغل عملية الحدادة التي تعتمد على هذه الخاصية مكانا رئيسيا بين عمليات التشكيل .

ظهر فن الحدادة منذ قرون عدة وذلك مع الاستكشافات الأولى للمعادن . وليس في المصادر التاريخية إلا معلومات قليلة عن الأساليب التي كانت تستخدم قديما في صناعة العدد والأسلحة من المعادن . ولكن من المؤكد أن الحديد كان المعدن الرئيسي منذ الأيام الأولى للحضارات القديمة كما هو الحال اليوم . ورغمما من أن معادن أخرى كالنحاس والذهب والفضة قد عرفت واستعملت من قبل فاتها لم تستخدم على نطاق واسع مثل الحديد . ولعل ذلك يرجع إلى وفرة المصادر الطبيعية لهذا المعدن .

وربما كان أول استعمال لفن الحدادة هو تشكيل قطعة من المعدن بطرقها بين قطعتين من الحجر ، وذلك لصناعة العدد والأسلحة البدائية التي كان يحتاج إليها الإنسان . ويشير الكتاب المقدس إلى أن سكان غرب آسيا كانوا أول من استخدم الحديد وغيره من المعادن ، ومن هذا يمكن أن نستنتج أنهم استحدثوا فن الحدادة في صناعة أشياء نافعة من المعادن التي كانت معروفة عندهم . ولعل اليونانيين القدماء

هم الذين خلفوهم في استخدام هذا الفن لتشكيل العدد والأسلحة المختلفة . وتشير المصادر القديمة إلى أن الحديد — وكذلك الصلب — كان معروفاً في الهند والصين في العصور التاريخية الأولى . وقد عرف صناع الهند فن حدادة المعادن بعد تسخينها في كور بدائي ، كما تمكنوا من صناعة بعض الأسلحة مثل السيوف والسكاكين وذلك بطرق المعدن بمهارة بعد تسخينه إلى درجة حرارة تكسبه قابلية للتشكيل . كذلك عرف الصانع القدماء فن معاملة المعادن بالحرارة وذلك بتسخينها ثم تغطيسها (سقيها) في سائل لتصليدها ، وما زالت سيوف «دمشق» و «توليدو» و «بلوا» الشهيرة أمثلة تشهد لهؤلاء الصانع القدماء بالمهارة الفنية .

وكان أهم استخدام لفن الحدادة في الأيام الأولى للحضارة ، هو صناعة معدات القتال كالسيوف والسكاكين والأدعج الواقية والخوذات . وكان الصانع القدماء يستعملون عدداً بدائياً لتشكيل هذه الأشياء من المعادن الرئيسية مثل الحديد والصاب . وظهر بعد القرن الثاني عشر اتجاه واضح لتحسين المعدن التي يستعملها الصانع لتشكيل أشياء تزيد في جودتها ودقتها ، فاستعمل الصانع بدلاً من الكور البدائي القديم الذي كان يستعمل لأعداد التشغيلات لعملية الطرق كورا آخر يستخدم الهواء المضغوط للتسخين إلى درجات عالية ، وتوزيع الحرارة بكفاية وجودة في أقصر وقت ممكن .

ولزيادة الطلب على المطروقات الكبيرة والمطروقات المعقدة شكلاً ، استمر التطور في صناعة مطارق الحدادة ، وكانت في أول الأمر « للرزبة » اليدوية هي الأداة الرئيسية المستعملة خلال السنين الطويلة ولا تزال تستعمل للآن في تشكيل بعض المطروقات الصغيرة . وظهرت بعد ذلك المطارق الميكانيكية وهي معدات لها قوة كبيرة تمكنها من أداء المطلوب منها على الوجه الأكمل ، وذلك لتشكيل المطروقات المعقدة ذات الحجم الكبير . وفي البداية كان من الطبيعي أن تكون هذه المطارق الميكانيكية بدائية ، ولكن استمرار التطوير والتحسين للاستمر في صناعتها استولد المطارق الميكانيكية الحديثة المستعملة هذه الأيام في صنع وإنتاج المطروقات . غير أن

التطور في هذه المطارق كان بطيئا للغاية في أول الأمر، ولكنه في بداية القرن التاسع عشر تقدم تصميمها وصناعتها . وأسلوب التشكيل بالطرق ليس الوسيلة الوحيدة لتشكيل المعادن بالحدادة إذا تطورت الحدادة كثيرا واستنبطت وسائل عديدة أخرى لتشكيل المعادن على البارد أو على الساخن . ونتيجة لهذا التحسين والتطوير أمكن بوساطة الحدادة إنتاج أدوات ومنتجات لها منافع واستعمالات كثيرة .

الحدادة عملية أساسية في الإنتاج

عملية الحدادة من العمليات الشائعة الاستعمال في الإنتاج، وهي عملية أساسية . وتتكون عمليات الحدادة أساسا من تشكيل قطعة من المعدن، تكون في غالب الأحوال ساخنة إلى شكل وهيئة معينة، وبوسيلة من وسائل الحدادة المعروفة . وتعتمد هذه الوسيلة على نوع وحجم وشكل القطعة المطلوب تشكيلها، كذلك على ما يلزم القطعة للشكلة من اشتراطات عند استعمالها بعد إنتاجها . وهذه العمليات هي : الطرق - الابعاج - الضغط - البثق . ويمكن بطبيعة الحال استخدام عدد أكثر من هذه العمليات . ويراعى أمران هامين عند اختبار طريقة التشكيل الأساسية : أولا : إنتاج المطروق بشكل معين .

ثانيا : تحسين خواص المعدن الفيزيائية بالحدادة . والأساليب الحدادة مزايأ أخرى هامة .

١ - عند تصميم الجزء المطلوب إنتاجه يكون للمهندس مجال أوسع عند اختيار المواد التي تناسب ما تتطلبه استعمالات ومنافع الجزء ، وذلك لوجود عدد كبير من هذه المواد يمكن اختيار المناسب منها .

٢ - ما للأجزاء للشكلة بالحدادة من قدرة على تحمل القوى المؤثرة الخارجية، إذ أنه من الممكن استعمال أجزاء سمكها قليل - وهذا يقلل من وزنها إلى درجة كبيرة .

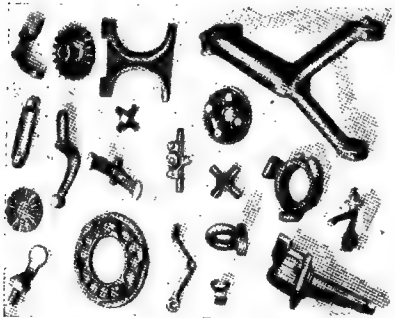
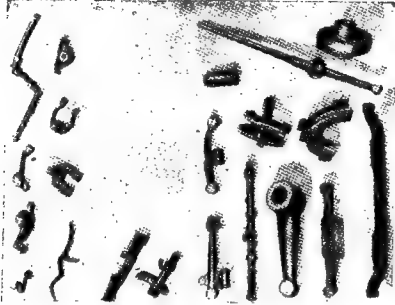
٣ - تشكيل جزء ما بالحدادة إلى شكل معين ، يكسب هذا الجزء مجموعة من الخواص الفيزيائية بمقادير مناسبة ، وذلك يحقق في المادة أقصى مقاومة للاجهادات ويمتثلها إلى حد كبير ، ولهذا ماله من الأهمية عند الاستعمال .

٤ - مراعاة الدقة والتفكير السليم عند تصميم الآلات تمكن من إنتاج منتجات دقيقة بأقل تفاوت ، وخصوصا في عملية التشطيب ، وذلك يؤدي إلى تخفيض تكاليف عمليات التشغيل النهائية .

ما زال تشكيل المعادن تشكيلا عينا يعتمد على تأثير القوى المؤثرة الخارجية ، إلا أن هذه العمليات والأساليب تحتاج في أدائها إلى معدات وآلات مصممة تصمما علميا صحيحا . والطريقة الميكانيكية للتساقطة من هذه الآلات ، ويمكن الطرق بها بضغط يصل إلى ١٠,٠٠٠ طن . وكذلك المكابس التي تعمل ميكانيكيا أو هيدروليكيا إذ يمكن أن يصل الضغط بها إلى ما يوازي ٢٠,٠٠٠ طن . ويمكن بهذه الآلات إنتاج منتجات مختلفة بكل الأحجام التي يمكن تصورها . وفي شكل (١) مجموعة من المضغوطات التي شكلت بوساطة ختمها بقوالب الحدادة ، ويراوح وزنها بين أوقية واحدة وعدة مئات من الأطنان .

قبل تطوير أساليب الإنتاج الكبير الحديث ، كانت المعادن تسخن في أكوام مناسبة ثم تطرق إلى الشكل المطلوب على السندان بوساطة الحدادة حيث كانت تستعمل عدة آلات يدوية لتشكيل القطع المطلوبة . وما زالت هذه الطريقة القديمة مستعملة حتى الآن ، وذلك عندما يكون العدد المطلوب من القطع صغيرا . كما هو الحال في أعمال الصيانة بالورش وفي ورش إصلاح السكك الحديدية ... الخ . ولا تسكف المعدات التي تلازم لهذا العمل كثيرا . ومع ذلك بدأ يقل استعمال عمليات الحدادة اليدوية في معظم الورش على مر الزمن ، وأخذت المطارق الآلية تستعمل بدلا عنها ، كما حلت الأفران الحديثة محل أكوام تسخين المعادن .

ليست طائفة المطارق الآلية بأنواعها مقصورة على تشكيل المشغولات إلى أشكال



شكل (١) مجموعة من المبروعات صنعت في قوالب تشكيل متفلة

معينة وإنما يمكن تكيف استعمالها لتشكيل قضبان من الصلب إذا أريد إيقاص مساحة مقطعيها بتغيير أو دون تغيير في شكل للمقطع العام . والعمل بهذه المطارق يشابه الحدادة اليدوية من جميع الوجوه ، إلا من حيث إن المطارق تدار آليا باستخدام السيور أو الهواء أو اللوائع أو البخار . وفي جميع الحالات تكون القوالب المستعملة مسطحة .

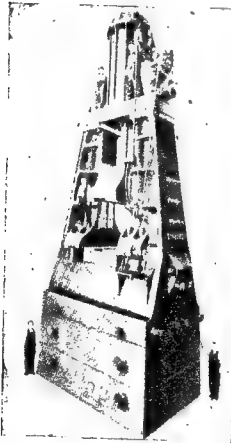
استخدام المداوة في الإنتاج الحديث

للمادن عموما والصلب على وجه الخصوص من أهم المواد الهندسية اليوم ، إذ أن عليها أن تحتمل قوى كبيرة وأن تقاوم الصدمات ليتحقق النفع منها في الاستعمالات الكثيرة في الإنتاج الحديث حيث للسرعة العالية للطاقة وللانتاج الكبير أهمية قصوى ، ويهتم كل من منتجي ومستهلكي للنتجات الصناعية بتحسين وتطوير خواص للمواد التي تستعمل في صنع هذه المنتجات وتشكيلها إلى الشكل المطلوب . ولا يقصد من عمليات الحدادة تشكيل المنتج النهائي فحسب ، بل إنها تساعد على تحسين خواص مقاومة القوى الخارجية ، كما تزيد من متانة المادة نفسها في أثناء دورة الانتاج .

ولقد حدثت تطورات تكنولوجية واسعة النطاق في أساليب الحدادة المستعملة في الإنتاج الحديث ، وهكذا أصبحت أساليب الحدادة هذه ، عمليات أساسية تشمل عدة طرق تختلف تبعا للتطبيقات الصناعية . ويعتمد اختيار الطريقة المناسبة على نوع الانتاج المطلوب ، وكذلك على تقدير المصمم ومهندس الانتاج وخبرتهما .

وتشمل أساليب الحدادة للمستعملة الآن في الصناعة الحديثة ، أربع وسائل رئيسية ، تتضمن كل منها طرقا مختلفة لتشكيل المعدن إلى الشكل المطلوب ، ويكون هذا التشكيل غالبا على الساخن . وتنحصر هذه الطرق فيما يلي : الحدادة اليدوية والحدادة بالمطرقة للتساقطة ، والتشكيل بالضغط باستخدام مكابس ومكنات

الحداثة المختلفة . وطبقا لتقدير (جمعية صناعة التشكيل بالطرق للتساقط) التي تمثل معظم شركات الحداثة بالطريقة التساقطة البخارية ، وجد أن ٨٠٪ على الأقل من الوزن الكلى للمنتجات للشركة بالحداثة والتي تنتجها المصانع تشكل بطريقة الطرق للتساقط .



شكل (٢) مطرقة متساقطة بخارية الحداثة
أجزاء الطائرات

ويبين شكل (٢) مطرقة متساقطة بخارية مصممة لتشكيل أجزاء الطائرات ، وتزن هذه الآلة أكثر من ٥٠٠ طن ، ووزن للمطرقة نفسها يصل إلى ٥٠,٠٠٠ رطل . وتستعمل معها قوالب التشكيل المقلدة للشروحة في الصفحات التالية في تشكيل المنتجات التي تحتاج إلى دقة في أبعادها ، وتستعمل مطارق مشابهة في تشكيل أجزاء الآلات الأوتوماتية في تشغيل منتجات تلزم في الصناعات الانتاجية المختلفة .

يتحسن عند أداء الحداثة بأى طريقة من الطرق السابق ذكرها

للمدن للشكل بدرجة معينة . ويلاحظ أن اختبار أحسن طريقة للإنتاج ينضع لعدة عوامل مختلفة . ويلزم لها استشارة مهندس له خبرة في أساليب الحداثة وطرقها المختلفة . وتعتبر عملية الاستشارة هذه خطة رئيسية تؤدي إلى معرفة الطريقة المثلى في الأداء . وتشتمل طريقة الحداثة اليدوية ، تشكيل للمدن الساخن

باستخدام قوالب مفتوحة مسطحة الأزوجة ، كما هو مشروح في الصفحات التالية من هذا الكتاب . وتستعمل القوالب للقفلة في الحدادة ، عند استخدام للطارق المتساقطة أو المكابس أو مكائن الحدادة ، لتشكيل المعادن إلى الأشكال النهائية المطلوبة . واستخدام القوالب المقفلة يحقق فائدة أساسية في تشكيل المعادن على الساخن ، وخصوصا عند تشكيل الصلب ، إذ أن تشكيل الصلب على الساخن في هذه القوالب يستغل البنية المتليفة التي تتخلق في الصلب إلى أقصى الحدود ، ويركز كثافة الحبيبات والألياف في المواضع التي تتعرض لأكبر الصدمات والاجهادات . ويمكن تشكيل كثير من المعادن بأساليب الحدادة . والصلب (٠,١ ٪ - ٠,٥ ٪ كربون) . والحديد المطاوع أكثر المعادن شيوعا في عمليات التشكيل بطريقة المطرقة المتساقطة . ولكن فلما يستعمل الحديد المطاوع بسبب ضعف مقاومته . كما يشيع تشكيل السبائك التي أساسها النحاس وسبائك الألومنيوم وكذلك سبائك المغنسيوم بهذه الطريقة ، أما الصلب الذي يحتوي على نسبة كربون أعلى من هذه النسبة المذكورة ، فيستخدم لتشكيل منتجات لها خواص فيزيائية معينة . والجداول التي في ملحق هذا الكتاب ، ترشد المصمم إلى ما يمكن أن يكون في هذه المعادن من خواص . ويتضمن الجدول معلومات عن أنواع من الصلب يمكن استعمالها لمواجهة حالات الطوارئ والاحتياجات الوطنية ، عندما يصعب الحصول على بعض سبائك الصلب الخاص .

أسئلة للبراجعة

- ١ - اشرح معنى خاصية اللدونة (المعجونية) ومطاوعة التشكيل في معدن ما وأهمية هذه الخاصية .
- ٢ - ماذا كان الغرض الاساسى لتشكيل المعادن بأساليب الحدادة في الأيام الأولى للحضارة ؟
- ٣ - اذكر أسماء بعض الأدوات التى كانت تستخدم فى الحدادة فى العصور الأولى .
- ٤ - اذكر سببين من أجلهما اختيرت طريقة الحدادة طريقة أساسية من طرق الإنتاج .
- ٥ - ما مقدار أقصى طرفة يمكن أن تنتجها المطرقة المتساقطة الحديثة ؟
- ٦ - ما مقدار أقصى ضغط يمكن أن تصل إليه المكابس الحديثة المستخدمة فى الحدادة ؟
- ٧ - اذكر أربع طرق رئيسية تستعمل فى الإنتاج بالحدادة .
- ٨ - اشرح باختصار كل طريقة ذكرتها فى إجابتك على سؤال رقم (٧) .
- ٩ - اشرح باختصار أهمية مهندس الحدادة عند اختيار أسلوب مناسب للإنتاج .
- ١٠ - ما هى مؤهلات مهندس الحدادة ؟
- ١١ - اذكر خمس مراحل فى الإنتاج يكون فيها إرشاد مهندس الحدادة ذا أهمية كبرى للصانع .

الباب الثاني

خواص الفلزات (المعادن)

منافع الفلزات عند استعمالها

تقاس القيمة الحقيقية لمعدن ما بمقدار النفعة المستخلصة منه عند استخدامه في عمل معين ؛ إذ يجب توافر عدة اشتراطات عند استعمال المعادن في المكنات الحديثة وفي غيرها من الآليات ، وكذلك في بعض الأجهزة والمعدات الأخرى . ويجب على المهندس الذي يصمم المنتجات المختلفة أن يستعين بكل معرفته بالمعادن وخبرته في طرق الانتاج ليحصل من هذه المنتجات ما يعتمد عليه ، بحيث لا يتسبب من استعمالها أى خطورة وأن تبقى صالحة مدداً طويلة . يجب على المصمم عند اختبار المعدن المناسب أن يتأكد أولاً من قابلية هذا المعدن لمواجهة الاجهادات التي قد يتعرض لها عند التشغيل . وقد يسر التطور التكنولوجي الحديث للمعادن ، كما يسرت للمعلومات التي يمكن الحصول عليها مهمة المهندس عند اختبار المعدن المناسب لأي غرض من أغراض الصناعة .

ولا تحتوى البيانات التي يمكن الحصول عليها على كل خواص المعدن ، وإنما تحتوى على بعضها . وتقتصر الطريقة الشائعة على تقدير أهم خواص المعدن الفيزيائية كأكصى إجهاد الشد . ومن المفروض أن توافر هذه الخاصية يدل على توافر خواص فيزيائية صالحة أخرى بنفس النسبة . وهذه الخواص يجب توافرها في المعدن حتى ينتفع به إلى أقصى حدود الارتفاع في أثناء التشغيل . وتوجد في الجداول والرسوم البيانية معلومات هامة عن خواص المعادن ، وتفيد هذه المعلومات خبير المعادن أكثر من فائدها المهندس التصميم والانتاج الذي لا يعرف معرفة تامة في كثير من الأحيان الاصطلاحات الفنية التي تقدم بها هذه المعلومات .

يجب أن يكون للمعدن الذى يختاره مهندس الانتاج كفاية حقيقية تمكنه من أداء المطلوب منه ، بحيث يحقق أقصى فائدة فى حالات التشغيل المطلوبة . فيجب لذلك أن يحتوى المعدن على مجموعة للناسبة من الصفات الفيزيائية . ومن هنا يتضح أن كلا من خبير المعادن والمهندس لن يقع اختياره التهاى على المعدن على أساس خاصية فيزيائية واحدة تكون أكثر وضوحا من غيرها ، كأقصى إجهاد للشد مثلا ، بل إن على كل منهما أن يبحث للموضوع من ناحية خاصة تختلف فى كل حالة .

ونأخذ على سبيل المثال حالة منتج تؤثر فيه عند استعماله إجهادات عادية ، وهذه الاجهادات إما أن تكون غير متغيرة استتائية ، أو متغيرة دينمية ، أو الاثنين معا . ويجب عند اختيار اللواد للناسبة لصناعة مثل هذا المنتج معرفة طبيعية الاجهادات التى ستمعمل فيه ، وكذلك طريقة توزيعها داخله بتحليل هذه الاجهادات بدقة وعناية . وكثيرا ما يؤدى معدن من المعادن الغرض المطلوب منه فى أحد الاستعمالات ، ولكنه فى الوقت نفسه لا يتناسب مع استعمال آخر . فثمة فى حالة عمود مرفق (كرنك) مشكل بالحداثة أو بالسباكة مثلا ، نوع من أنواع الصلب يناسب نوما من الحركات ولكنه لا يناسب المطالب الخاصة التى يجب توافرها فى محرك من نوع آخر . لهذا كان الأساس فى اختيار معدن مناسب هو تحليل جميع الاجهادات التى سوف يتعرض لها . فثلا فى الحالات التى يكون لاستمرار العمل فيها أهمية كبيرة ، كما فى حالة الأجزاء المتحركة فى القاطرات والطائرات ، يجب أن يلى هذا التحليل تعيين هذه الاجهادات بالتجربة العملية فى عينة تصنع خاصة لاجراء الاختبار العملى ، عليها وذلك قبل البدء فى الانتاج على نطاق واسع .

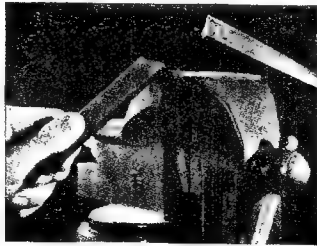
وتبرز فى كثير من المواد الهندسية خاصية فيزيائية واضحة تمام الوضوح وخصوصا فى المعادن الفائقة الاستعمال مثل مقاومة الشد العالية ، ولكن قد تكون هذه الخاصية قليلة الأهمية إلا إذا كانت بنسب متوازنة مع مجموعة

الخواص الفيزيائية الأخرى . فثلا في حالة جزء مصنوع من صلب على الكربون ، مصلد مقوى ، له مقاومة شد عالية جدا يلاحظ أنه لا يطاوع الاجهاد ولا يتغير شكله دون أن ينكسر . ولهذا فإن الجزء المصنوع من هذا الصلب لا تكون له فائدة ما إذا كان ضمن أعضاء أو أجزاء أساسية في آلة أو في مكينة أو محرك لأن مقاومته للشد لا تتعادل مع خواصه الأخرى التي من شأنها تحمل الاجهادات العملية المركبة التي قد يتعرض لها في أثناء الاستعمال . ويعتبر الصلب المصلد « المقوى » على الكربون ، الذي تزيد مقاومته للشد عن ٣٠٠.٠٠٠ رطل على البوصة مثالا لمادة محدودة الخواص ، لا قدرة لها على مطاوعة الاجهادات التي تتغير في شكلها أثناء الاستعمال . وهناك خطورة كبيرة عند استخدام مثل هذه المادة في آلة من الآلات المتحركة التي تتعرض لاجهادات الاستعمال المختلفة ، والتي يعرفها بلا شك المهندس الخبير .

هذه الاجهادات هي إجهادات الحنى واللى والتصادم وشكل (١) يبين هذه الحالة .



شكل (٢) خطاف شغل بالمادة له قدرة على امتصاص الاجهادات



شكل (١) صورة تبين صلب على الكربون مصلد (مقوى) لا يطاوع التغير في الشكل أثناء الاستعمال .

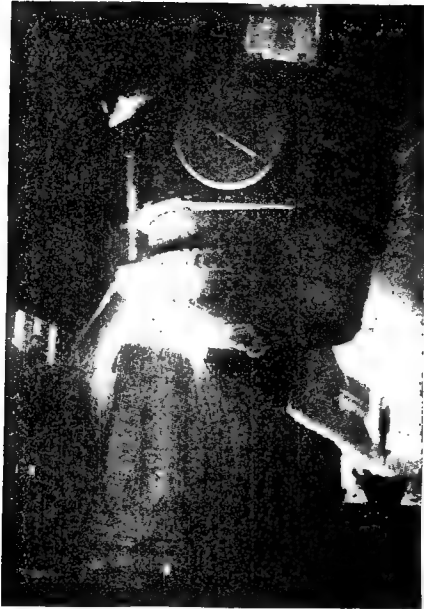
ولبعض المواد : مثل أنواع خاصة من الزجاج ، درجة صلادة عالية جدا ، وهى الخاصية الرئيسية التى تجعل لهذه المواد أهمية كبرى فى كثير من التطبيقات الصناعية العملية . ولبعض أنواع من الزجاج وغيره من المواد الأخرى المشابهة له خاصية المرونة وهذه تعتبر خاصية أساسية . وتعرف المرونة بأنها قدرة المادة على استرجاع شكلها السابق تماما بعد تغيره عند الاستعمال . ومع أن للصلب مرونة كبيرة بالنسبة لباقي المعادن ، إلا أنها أقل من درجة المرونة الموجودة فى أنواع خاصة من الزجاج ، وكذلك فى بعض المواد الأخرى . ويحتفظ الزجاج بمرونته وبمتانته إلى حد يسمى (حد المرونة) ، عندما يصل إلى هذا الحد يفقد هاتين الخاصيتين وينكسر ، وفى بعض الحالات لا ينكسر الصلب إذا تعرض لاجهادات أعلى من حد المرونة ، وذلك عندما لا تصل هذه الاجهادات فى ارتفاع قيمتها إلى حد عال جدا . وللصلب قدرة عظيمة على امتصاص كمية كبيرة من الطاقة وذلك لطبيعة تكوين بنيتها التى لها مقدرة على تغير الشكل بالانسياب اللين قبل أن ينكسر .

للمعادن خواص فيزيائية أخرى تدل على قدرتها على الأداء المجدى عند الاستعمال ؛ منها خاصية المتانة والانسايية ، وهذه الخاصية أهمية كبيرة عند التشكيل لمصاحبتها لمقاومة التآكل . . إلخ . وطريقة توزيع الاجهادات العديدة التى يتعرض لها الجزء المنتج هى التى تتحكم فى اختيار أصلح المواد لتأدية الغرض المطلوب . ويمكن لمهندس الانتاج أن يبدأ فى حساب أبعاد الجزء المنتج ، إذا اطمأن لطريقة الانتاج التى وقع عليها اختياره . كما يمكن تغيير الأبعاد المحسوبة إذا أظهر أن الطريقة التى وقع عليها الاختيار غير ممكنة لسبب أو لآخر . فثلا عند تغيير أسلوب الانتاج من السباكة إلى الحدادة أو بالعكس ، فإن أبعاد القطع المنتجة تتغير تغيرا كبيرا باختلاف أساليب الصنع والانتاج . وعلاوة على ذلك ، فإن الطريقة المستعملة فى صنع أو إنتاج القطعة المطلوبة ، كثيرا ما تتغير تغييرا شاملا حسب تكون مجموعة الخواص الفيزيائية التى فى الجزء ، رغم أن نفس المادة قد تستعمل فى الحالتين .

والماتنة خاصة فيزيائية ذات أهمية كبرى في المواد الهندسية . وتعرف هذه الخاصية بأنها قدرة المادة على امتصاص كل الطاقة التي يستولدها الاستعمال . وتشمل للماتنة درجة التغير للرن ، والتغير للمعجن أو اللدن في المادة موضع الفحص . وتوجد علاقة محددة بين مقاومة المادة للصدمات أو متانتها ، وبين قدرتها على مقاومة الأحمال والصدمات المفاجئة . وهذه القدرة هي خاصية مقاومة الصدمات والاجهادات المفاجئة ، وشكل (٢) يبين خطاف رافعة صنع بحيث تتوافر فيه خاصية مقاومة الصدمات ، ليؤدي عمله على الوجه الأكمل . والمنتجات التي من نفس نوع خطاف الرافعة هذا تتعرض دائماً لأحمال كبيرة ، ويلزم عند استعمالها أن تمتص كثيراً من الطاقة المولدة قبل حدوث أى تغير معجن أو لدن في المادة . ويلاحظ أن خاصية واحدة فيزيائية رئيسية في المعدن ، لا تكفي لمقاومة الأحمال الخارجية التي قد تتعرض لها عند الاستعمال . ولكن توافر عدد من الخواص الفيزيائية المشتركة ، يلزم لمنع الانهيار والكسر . واختيار أسلوب التشكيل وعمليته المناسبة هام جداً (الحدادة في حالة صنع الخطاف السابق الذكر) . حيث إن أسلوب التشكيل وعملياته كثيراً ما تحسن مجموعة الخواص الفيزيائية التي في الجزء . وذلك بتشغيل المعدن إلى الشكل المطلوب ليصبح بالماتنة والقوة اللازميتين للاستعمال .

تحمير نوع الصلب وصفاته وكفائته

المطروقات هي الأشكال الصناعية الأولى لجميع المعادن التي في حالة الصلابة . هذا طبعاً فيما عدا المعادن التي في حالة تبيع أو سيولة ، التي تشغل مباشرة من مساحيقها . ويسخن المعدن أولاً في فرن مناسب حتى يسيل أى ينصهر ، ثم يصب في قوالب رملية أو معدنية مناسبة ليتجمد . وبذلك يتم سبكه ، وتخرج للمسبوكات أو السكتل من القوالب ، ثم تحول إلى أشكال نصف منتبهة ، وذلك باستخدام وسائل تشغيل ميكانيكية على الساخن أو على البارد . ويبين شكل (٣) طريقة سبك الصلب في قوالب ، حيث يرفع وعاء كبير به صلب منصهر بواسطة رافعة (ونش) معلقة فوق



شكل (٣) طريقة صب الصلب في قوالب

صف من قوالب مصنوعة من الزهر لتشكيل شبكات الصلب ، وينصب المعدن المنصهر في القوالب من فتحة في أسفل هذا الوعاء .

وكتل الصلب في الواقع أساس كل أنواع المختلفة . والصلب للمنصهر ضائل متجانس إلى حد كبير ، ويحتوى على الحديد متحداً بالكربون والنيجنيز والكبريت والسليكون والفسفور . وقد تحتوى أنواع خاصة من الصلب على نسب مئوية مختلفة من الكروم والفانديوم والنيكل والولبدنيوم والأليومنيوم ، وغير ذلك من عناصر تستولد فيه بعض الخواص الفيزيائية النافعة ، مثل الصلادة والمتانة والمطوية ومقاومة الحرارة ومقاومة الصدأ ومقاومة التآكل التفاعلى بفعل الحوامض وغير ذلك من الخواص الكثيرة ؛ إذ أنه كثيراً ما يستلزم استعمال بعض أنواع الصلب أن تحتوى على خاصية أو أكثر من هذه الخواص ، لتؤدى غرضاً أو أغراضاً معينة عند استعمالها .

والخواص الفيزيائية للشبكات المصبوبة ، لها أثر هام في عمليات التشغيل الميكانيكية الأولية التي تمر بها . كما أن لها أكبر الأثر على خواص الصلب الفيزيائية وجودته النهائية . وعمليات التشغيل للميكانيكية مثل الحدادة والدرفلة ، تزال بعض العيوب التي بهذه الشبكات ، والتي ربما تستقر في المنتج النهائي . فإذا كانت الشبكات سليمة خالية من العيوب ؛ فإن ذلك يهيئ السبيل إلى إنتاج جيد خال من العيوب ، وإذا لم تكن الشبكات سليمة خالية من العيوب ، يصبح الصلب في هذه الحالة قليل الجودة لا يمكن الاعتماد عليه في بعض المشغولات . وتعرف الشبكات السليمة بخالوها من العجوات واللسامات الاسفنجية وتجانس كل منها في طولها الكامل . ويتراوح حجم الشبكات عادة فيابين (١٠٠ رطل و ٢٠٠ طناً) ، كما يزن حجمها العادى المشتمل في صناعة الصلب حوالى (٣ أطنان) ، ويكون مقطع القطعة عادة مربعاً أو مستطيلاً بأركان مستديرة ، وكتل وشبكات الأنواع الجيدة من الصلب الكربونى وكذلك السبائك الصلب أسطح موجة . ويتغير حجم كتلة الصلب أو بمعنى آخر تتغير مساحة مقطعا وطولها حسب العوامل الآتية :

- ٢ - نوع وقطرة آلة الدرفلة للمستعملة في درفلة الصلب على الساخن .
 ٣ - طبيعة الصلب ومرتبته .
 ٤ - تكاليف درفله أو تشغيل كتل الصلب على الساخن .

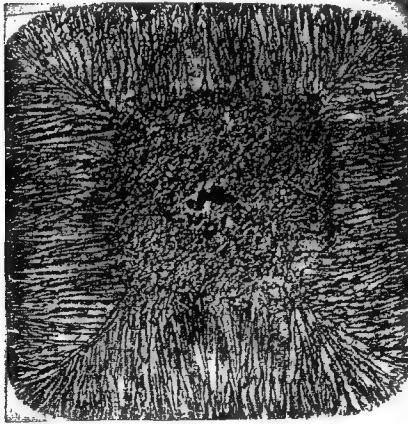
المعيوب الشائعة في شَبَقَات الصلب

المعيوب التي يحتمل وجودها في شَبَقَات الصلب هي : الدندرية أو (البنية الشجرية) والأنبوبية الاسفنجية أو (البُخْبُخَة) الانفصالية . وتحدث (الدندرية) أو البنية الشجرية نتيجة للتباور غير الطبيعي للمعدن للنصهر . والذي يحدث نتيجة للتبريد المفاجيء عند ملاصقة المعدن للنصهر لسطح القالب للمصنوع من الزهر . إذ تبدأ البلورات في التكوين على سطح شَبَقَات الصلب ، ثم تنمو في الحجم في اتجاه وسط الكتلة . وهذا يظهر تكوين حبيبي على شكل شجري ، هو البنية الشجرية أو (الدندرية) . وهذا التكوين يقلل من مقاومة الصلب ، وذلك لوجود مستويات ضعيفة داخل البنية . وفي معظم الأحيان يكون تبريد المعدن مركزاً على سطح الشبق ولا يمتد إلى الداخل . ونتيجة ذلك هي أن يكون للقطع في وسط الشبق له اتجاه بلورى واضح وبنية تقاوم الصدمات . ويبين شكل (٤) مقطع شبق من الصلب مضبوط ، له بنية شجرية بالقرب من السطح الخارجى ، وتشكيل بلورى طبيعى في الداخل . وتلاحظ مستويات التشققات عند الأركان وكذلك عند الأنبوبة في الوسط .

وتتكون الأنبوبة بتجمد المعدن المنصهر من الخارج نتيجة التبريد المفاجيء عند ملاصقة سطح القالب البارد للمصنوع من الزهر . وبما أن المعدن في حالته الصلبة يفغل فراغاً أقل من المعدن للنصهر ، فلا بد من حدوث فراغ داخلى هو مانسيه (الأنبوبة) في شَبَقَات الصلب وهو نتيجة حتمية للانكماش . وتوجد الأنبوبة عادة في منتصف الجزء العلوى من الصلب ، لأنه آخر جزء يتجمد . ويبين شكل (٥) شَبَقَات من الصلب معدة لاجراء التجارب عليها . وعادة يفصل طرف الشبق أو يقطع (٢) المادد

للتخلص من الأجزاء الأنبوبية . وتتسكون هذه الأنبوبة في أعلى الكتلة حيث يمكن التخلص منها بقطعها ، وذلك عن طريق تغيير تصميم القالب بحيث يمكن التحكم في التبريد .

وتنتج الاسفنجية أو (البخبة) عن تحرر الغازات في أثناء تجمد الشبق . وتنطلق عند انصهار المعدن بعض الغازات من المعدن ، وينحبس البعض الآخر نتيجة لتجمد المعدن عليها . وقد تحدث الاسفنجية (البخبة) القريبة من سطح المعدن عيوباً خطيرة في شبقات الصلب، بينما التي تحدث بالقرب أو عند الوسط ضررها أقل . وعند درفلة شبقات الصلب على الساخن ، تستطيل الفجوات الاسفنجية (البخبة) القريبة من السطح الخارجى ، وتظهر عروق في الصلب للشكل .

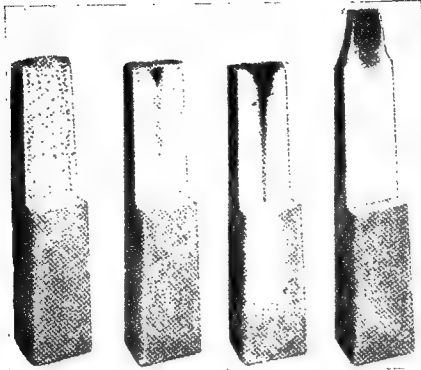


شكل (٤) التسكون البلىورى الدانى فى شبق من شبقات الصلب المسبوك

وتحدث الانفصالية ، نتيجة لعدم توزيع العناصر الداخلية في تكوين الشبكة توزيعاً منتظماً. وتعلل هذه الظاهرة بأن أجزاء المعدن المنصهر التي تتجمد في بادئ الأمر تكون أبقى من التي تتجمد أخيراً . ويختلف مقدار الانفصالية في المعدن تبعاً للطريقة المتبعة في إنتاج الصلب . ويتجمد المعدن المنصهر الذي يلامس سطح القالب البارد بسرعة وبهذا يكون أبقى نسبياً من المعدن الذي يكون جزء الشبق الداخلي والذي يبرد بسرعة أقل من الشبق . ولا يزال فصل الجزء العلوى الأنيوبة خصب، وإنما يزال كذلك الجزء الذي يحتوى على أعلى درجة من الانفصالية . « انظر الشبق في أقصى اليمين في شكل (٥) ».

ولا يحتوى الصلب الذي تنطلق منه الغازات خلال فترة التجمد أى إسفنجية (مخبضة) ، ولكن يكون انكماش المعدن - نتيجة للتبريد المفاجئ الذي يسببه القالب - أنيوبة في وسط الكتلة . وتحمل الشبقات من هذا العيب في نوع خاص من الصلب يسمى الصلب المقفل . وينتج هذا النوع من الصلب بطريقة خاصة ، وذلك في صناعات أنواع الصلب عالية الجودة مثل الصلب السبائكي الخاص وصلب العدة . ويبين شكل (٥) في الشقين الأول والثاني ، أمثلة من صلب لا يحتوى على أى إسفنجية ومع ذلك في وسطه أنيوبة .

ينتج صلب إسفنجي بنيته الداخلية كالمين في الشبق الذي في أقصى اليسار من شكل (٥) بطريقة معينة تخفف بها نسب الكربون والسليكون ، ولكن لا يُعنى بتخليص الصلب من الغازات . وفي العينة المشار إليها إسفنجية بها مخبضة كثيرة ، ولكن في الوقت نفسه لا توجد أنيوبة داخلها . وذلك نتيجة لتجنب تخفيف أثر الانكماش الذي يمرض فراغات الاسفنجية . ويستخدم هذا النوع من الصلب في عمل الألواح للدرفلة التي تصنع بالسحب الطويل العميق . وخلصت العينة الثانية من اليسار في شكل (٥) من الغازات تخليصاً جزئياً . وأصبحت بذلك وسطاً بين الصلب للمقفل والصلب الاسفنجي . ويستعمل هذا النوع في إنتاج ألواح صلب الانشاءات والقضبان ، وكذلك تستعمل في مختلف للطروقات ومنتجات



شكل (٥) شق من صلب معد للاختبار

الحدادة . وبالصلب عيوب أخرى مثل الشوائب غير المعدنية أو الخبث والقشور والشقوق ولكن يجب أن تكون شقوق الصلب خالية من الاجهادات الداخلية .

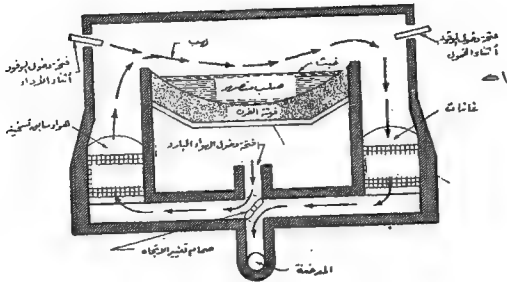
طرق صناعة الصلب

تنتج جميع أنواع الصلب ، سواء الصلب الكربوني العادى منها أو الصلب السبائكى ، بإعادة صهر الحديد الخام والصلب الخردة فى أفران خاصة . والحديد الخام هو العنصر الأساسى فى إنتاج الصلب . ويقتج فى القرن العالى بعملية اختزال كىماوى ويصنف خام الحديد والحديد الخام عدة أصناف ، ترتب تبعاً لتركيبها الكىموى ، بحيث يمكن اختيار الأنسب منها لإنتاج الصلب المطلوب ، المستعمل مثلاً فى إنتاج مكينة أو محرك أو أى منتج آخر . ولإنتاج الصلب عدة طرق ، ولكن العوامل

الاقتصادية ونوع الصلب المطلوب ، هي التي تحدد اختيار طريقة الإنتاج المناسبة .
والطرق الثلاث الرئيسية للمستعملة في إنتاج الصلب هي : طريقة الفرن المفتوح ،
وطريقة الفرن الكهربى ، وطريقة « بسمر » . وينتج أغلب الصلب الذى يلزم
الصناعة بطريقة الأفران للمفتوحة . وتتلخص طريقة إنتاج الصلب في اختزال وتنقية
شحنة الحديد الخام والحردة عند درجات حرارة عالية داخل الفرن ، ثم تضاف
إلى الشحنة عناصر مختلفة لإنتاج أنواع الصلب المطلوب ، التى تطابق للمواصفات
الطبيعية والكياوية للموضوعة .

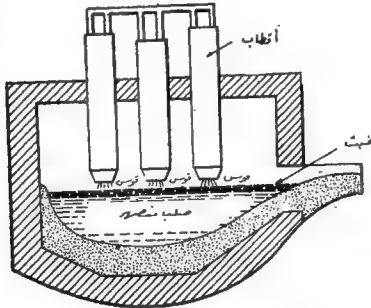
توضع الشحنة في الفرن المفتوح - وذلك في حالة استعماله - وتسلط من فوقها حرارة
عالية يولدها احتراق خليط من الهواء والغاز ، فتتأكسد الشوائب التى بالشحنة ،
ثم تنفصل المتأكسدات وتطفو على المعدن المنصهر ، وذلك لانخفاض وزنها النوعى .
ثم تنطلق هذه التأكسدات على هيئة خبث من فتحة مناسبة في الفرن . ثم يصب
الصلب المنصهر المنقى في بوتقة كبيرة ، ومنها يصب في قوالب الشبكات التى تكون
بأحجام تناسب ما سيجرى على الشبكات من أساليب وعمليات صناعية . وينتج صلب
الفرن المفتوح بالطريقة القاعدية أو بالطريقة الحامضية ، وذلك تبعاً للتغيرات
الكياوية التى تحدث بالحديد الخام . وتستعمل الطريقة القاعدية على نطاق أوسع .
ويبين شكل (٦) قطاعاً في فرن مفتوح يعمل بالغاز أو بالوقود السائل .

وينتج الصلب على الجودة في الفرن الكهربى ؛ وذلك لأنه يمكن فيه التحكم
الدقيق في تركيب المعدن وفي درجة الحرارة . وتتولد الحرارة اللازمة لتنقية
المعدن عن طريق أقطاب كربونية تدخل في الفرن ، فتتولد قوس كهربية بينها
أو بين الشحنة ، أو عن طريق ملف تأثير يحيط بواء داخل الفرن الذى
يحوى الشحنة . والتحكم الدقيق في درجة الحرارة ، وفي الجود داخل الفرن ، من أهم
العوامل لإنتاج صلب نقي خالص . ويمكن أخذ عينات لتحليلها خلال فترة الصهر ،
لتقدير إضافة بعض العناصر إذا لزم الأمر ، وذلك لضبط المواصفات الفيزيائية
أو الكياوية المطلوبة . وتنتج طريقة الفرن الكهربى صلباً بأى درجة من النقاوة



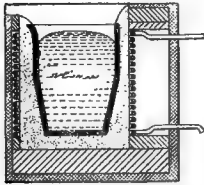
شكل (٦) قطاع تخطيطي لفرن مفتوح يعمل بالغاز أو بالوقود السائل

والتركيب الكيماوي حسب الرغبة . وتكاليف الفرن الكهربائي أعلى من تكاليف الفرن المفتوح ، وذلك لارتفاع سعر التيار الكهربائي . وتستعمل هذه الطريقة لإنتاج أنواع الصلب الجيد ، ويمكن تغطية زيادة تكاليف هذه الطريقة . وشكل (٧)



شكل (٧) قطاع تخطيطي في فرن كهربائي

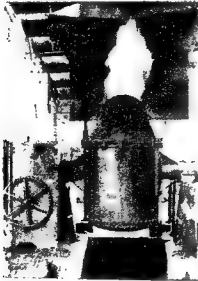
يبين قطاعاً في فرن كهربى مجهز بثلاثة أقطاب كربونية تدخل الفرن وتلامس الشحنة المعدنية ، فيسير فيها التيار الكهربى .



شكل (٨) قطاع تخطيطى لى فرن يعمل بالتأثير والتردد المالى

وشكل (٨) يبين قطاعاً في فرن يعمل بالتأثير والتردد المالى . يدخل هذا الفرن تيار على التردد فى ماسورة من النحاس المبرد بالماء تكون الملف الابتدائى للمحول الكهربى . فيتولد بالتأثير تيار فى الشحنة التى تكون بمثابة الملف الثانوى ، وتولد مقاومة المعدن الكهربائية للتيار ، ارتفاعاً فى درجة حرارته فينصهر .

وطريقة بسمر هى أقل الطرق المستعملة اليوم فى إنتاج الصلب ، مع أنها تعتبر أقدم طرق إنتاجه . وتستخدم حالياً بمثابة عملية ابتدائية لصهر الصلب الذى يتقى بعد ذلك فى الفرن المفتوح . وتسمى هذه الطريقة بالطريقة المزدوجة . وأهم فوائدها



شكل (٩) منظر أمامى لمحول « بسمر » سعة ١ طن فى أثناء التشغيل

هى أن زيادة السيليكون وللنجنيز فى الشحنة تنخفض بسرعة فى محول « بسمر » ، وذلك لاحتراقهما نتيجة لمرار هواء مضغوط خلال المعدن المنصهر . وهذا ينقص مدة التسخين اللازمة فى الفرن المفتوح . وينتج الصلب نقياً بهذه الطريقة المزدوجة . أما فى طريقة بسمر المباشرة ، فإن شوائب الشحنة المعدنية تتحول إلى خبث بواسطة الهواء البارد الذى يتدفق خلالها ، فيحترق الكربون الزائد ، ثم يصب الصلب المنصهر فى وعاء المصهور ، ثم بعد ذلك فى قوالب خاصة . وشكل (٩) يبين المنظر الأمامى لمحول « بسمر » سعته ١ طن .

تجريب أنواع الصلب

الصلب من أهم المعادن التي عرفها الانسان . إذ يستعمل في صنع منتجات كثيرة .
لتنوع خواصه ، وتبوب لكثرتها حسب ما يلي :

١ - تركيبه الكيماوى .

٢ - بنيته .

٣ - خواصه الفيزيائية الواضحة .

٤ - طريقة إنتاجه .

٥ - منافعه واستعمالاته المختلفة .

وتستعمل الاصطلاحات الفنية الآتية لتبين أنواع الصلب التجارية المختلفة .

وهي : النوع ، والمرتبة ، والنمط ، والدرجة .

النوع : ويعين أسلوب أو طريقة الصناعة .

أمثال ذلك : صلب بوتقة ، صلب بسر ، صلب فرن مفتوح قاعدى ،
صلب فرن كهربى ... وغير ذلك .

المرتبة : وتعين أقسام الصلب حسب حجمه ومنافعه واستعمالاته .

مثال ذلك : صلب حالى الكربون ، صلب سباكى ، صلب عدة ... إلخ

النمط : ويعين صفات الصلب ، كحجم حبيبات بنيته ، أو تحليله الكيماوى .

مثال ذلك : صلب تام الحبيبات ... إلخ

الدرجة : وتعين أقسام مختلفة ضمن كل نمط من أنماط الصلب ، وهذا التقسيم
بناء على نسبة الكربون التى فيه أو نسب غير ذلك من عناصر سبائكها .

ومثال ذلك : صلب منخفض الكربون ، صلب يقاوم الحرارة

وغير ذلك من الخواص الفيزيائية .

ولقد تطورت صناعة الصلب إلى درجة عظيمة ، أصبح معها الصلب فى أنواع

مختلفة عديدة حسب تركيباتها الكيماوية ومواصفاتها الطبيعية . وبهذا أصبح

من الممكن إنتاج أى نوع من الصلب ليناسب أى نوع من أنواع الاستعمال .

نحسب خواص المعدن الفيزيائية بالتشغيل الميكانيكى على الساخن

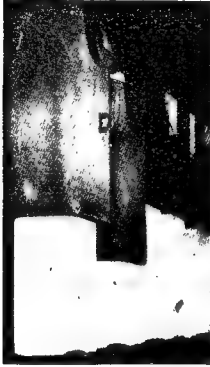
تشكل شَبَقَات الصلب بصبه منصهرأ فى قالب معدنى أو قالب من مواد حرارية .
وتتبع نفس هذه الخطوات - مع بعض التغيرات - لإنتاج شَبَقَات من المعادن .
ويولد التبريد البطيء نسبياً بنية خشنه (كبيرة الحبيبات) . لذلك يلزم لتحسين هذه البنية تشغيل الصلب على الساخن . وكذلك يعامل الصلب حرارياً لتحسن بنيته إذا كانت كبيرة الحبيبات ويشمل تشغيل المعادن الميكانيكى على الساخن ، تسخينها إلى الحالة اللدنة (العجنية) ، وبعد ذلك يتم تشغيلها بأساليب مختلفة ، نودها فيما بعد .
ويعد تشغيل المعادن على الساخن ترتيب بلوراتها التى تكونت فى أثناء التبريد .
وطبيعى أن ينساب المعدن فى اتجاه التشغيل ويقل مقطعه ويتحول تركيبه الحبيبي من الخشونة إلى النعومة . وللأسلوب الميكانيكى المتبع فى التشغيل أهمية كبرى ، فالمعدن قد يشغل بالدفلة ، أو بكبس فى القوالب ، أو بوسائل أخرى .

وتتحسن صفات المعدن كثيراً بالتشغيل الميكانيكى على الساخن ، فتزداد قوة تحمله وقد تزداد صلابته فى بعض الأحيان أما قابليته للاستطالة ، فقد تزيد أو تقل ، وذلك تبعاً لأحوال وكيفية التشغيل .

الدفلة على الساخن هى الخطوة الأولى لتشغيل المعادن على الساخن

تؤدى درفلة المعادن على الساخن على وجه العموم ، ودرفلة الصلب على وجه الخصوص إلى تحويل كتلة المعدن إلى أشكال مبسطة ، ويمكن تشكيلها بعد ذلك إلى عدد من الأجزاء المختلفة، كما أنها تحسّن خواص المعدن الميكانيكية . وتحول الدرفلة بنية الصلب المسبوك إلى بنية حبيباتها دقيقة ، تزيد بذلك مطولية الصلب ومتانته ، فيقاوم الصدمات . والدفلة وسيلة اقتصادية لإنتاج كيات كبيرة بأشكال

مبسطة مصنوعة من الصلب . ومنها الصلب الانشائي ، والقضبان ، والصاج والألواح . وتستعمل كذلك لتجهيز الأشكال اللازمة للتشغيل بالحدادة وسحب الأسلاك .



شكل (١٠) اخراج شبات الصلب من قوالبها

توضع الشبقات المصبوبة قبل الدرفلة في حفرتها الاستنقاع ، حيث ترفع درجة حرارتها فتصبح مناسبة لتشغيل المعدن على الساخن .
وشكل (١٠) يبين كيف تخرج شبقات الصلب من القوالب كما يبين شكل (١١) كيفية إخراج الشبقات المسخنة من حفر الاستنقاع .

والدرفلة عبارة عن إمرار شبقات الصلب الساخنة بين أسطوأتين تدوران في اتجاهين عكسين بسرعة دائرية واحدة ، وتضبط المسافة بين هاتين الأسطوأتين بحيث تكون أقل قليلاً من سمك الكتلة المارة

حولها . وبهذه الطريقة تقل مساحة مقطع الكتلة ويزداد طولها . وينتج بذلك ثلاثة أشكال تناسب العمليات التالية :

المسطحات — المربعات — الألواح . ويبين شكل (١٢) مكنة درفلة مقاس ٣٥ بوصة ذات طابقين ، وبها كتلة بين الأسطوأتين .

مكنات الدرفلة والمعربات الأخرى

الأسطوانات هي المعدات الضرورية لدرفلة المادن ، وتصنع غالباً من الصلب الجيد . وتستعمل الأسطوانات المصنوعة من الزهر الجيد أيضاً في نطاق محدود ،

وخصوصاً عندما تكون درجة حرارة الدرفلة منخفضة نوعاً . وتتكون مكنة الدرفلة من ثلاثة أجزاء رئيسية :

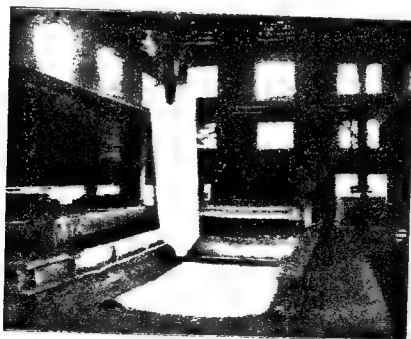
١ - جسد يرمي الشكل .

٢ - رقبة .

٣ - توصيلة حركة الدوران .

ويختلف نوع الدرفلة باختلاف المطلوب منها ، فربما تكون درفلة ناعمة ومستوية للتسطيح ، أو تكون لجار ومشقيات عند درفلة مقاطع صلب الالتواءات وقضبان السكك الحديدية .

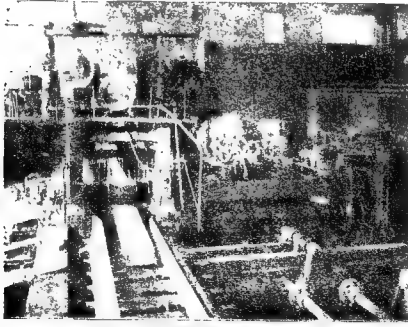
وتتراوح أقطار الدرافيل من بضعة بوصات إلى خمس أقدام . ويتحكم وزن وحجم الدرافيل في كمية النقص في مساحة مقطع الجزء للدرفل . وينصح أن تكون الدرافيل بأقطار صغيرة ، تعمل مسندة على اسطوانات كبيرة ، تمنع الانحناء في أثناء الدرفلة وذلك للاقتصاد في النفقات .



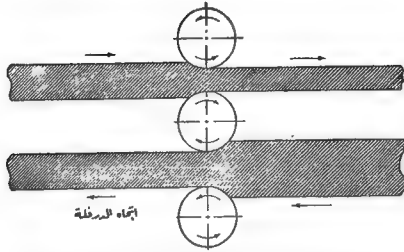
شكل (١١) لإخراج شبق من حفرة الاستلقاء المرارى وهى ساخنة إلى درجة تناسب الدرفلة

والرقبة هي الجزء الذي يدور عليه الدرفيل داخل كرمى محور الدوران ، وتوصيله الحركة ، هي توصيلة على شكل النجم ، يدار عن طريقها الدرفيل بواسطة اسطوانة مجوفة تربطه بمموود الإدارة . وبهذا تصبح حركة الإدارة مرنة ، فاذا زاد الحمل أو حدث أمر غير عادي ، تنكسر الوصلة قليلة التكاليف بدلا من أن ينكسر الدرفيل نفسه .

وتنقسم قوائم مكنات الدرفلة حسب ترتيب الدرافيل في أماكنها . فهناك قوائم بطابقين تحتوي على درفيلين ، وأخرى بثلاثة طوابق تحتوي على ثلاثة درافيل ، وثالثة بأربعة طوابق تحتوي على أربعة درافيل . وتدور الدرافيل في القوائم ذات الطابقين في اتجاهين متضادين . أما في القوائم ذات الثلاثة الطوابق ، وهي العاكسة ، فيمكن إدارة الاسطوانات في الاتجاه العكسي ، وبذلك يمكن إيقاص مساحة مقطع المدرفلات دون توقف ، وذلك بإمرارها ذهابا وإيابا بين درفيلين ، حتى تصل إلى الحجم المطلوب . وشكل (١٣) يبين قائما بثلاثة طوابق يدور فيها



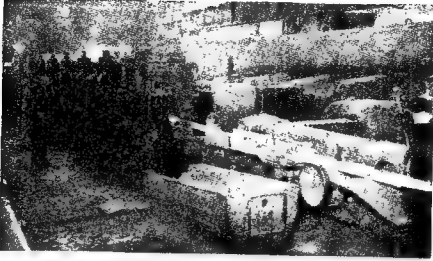
شكل (١٣) منظر آلة درفلة ٣٥ بوصة



شكل (١٣) مكنتة درفلة لها قائمة ذات ثلاثة طوابق

درفيلان الأعلى والأسفل منهما يدوران في اتجاه واحد . والدرفيل الأوسط يدور في اتجاه عكسي . ولمكنات الدرفلة التي من هذا النوع ، حوامل خاصة يمكن ضبط ارتفاعها لادخال المدرفلات أو الكتل المسطحة بين درفلي مكنتات الدرفلة الأعلى والأسفل .

ومكنات الدرفلة ذات الاتجاه الواحد ، عبارة عن عدة قوائم ذات طابقين مرتبة الواحد بعد الآخر ، بحيث يمكن إمرار المعدن داخلها على التوالي . ويدار درفيل كل قائمة بسرعة متزايدة ، لتناسب الزيادة في طول المعدن . وهذه الطريقة تلائم إنتاج كميات كبيرة من المدرفلات المصنوعة من الصلب في مدة قصيرة ، وذلك لأن المعدن يمر باستمرار من القائمة الأولى إلى آخر قائمة . ويمكن زيادة سرعة الدرفلة كثيرا ، فتصل هذه السرعة في مكنتات الدرفلة الحديثة إلى (٤,٠٠٠ قدم في الدقيقة) . ولا يمكن إنتاج الأشكال المعقدة في مكنتات الدرفلة ذات الاتجاه الواحد . ويلاحظ أن التكاليف المبدئية للمعدات اللازمة لتقسم مكنتات الدرفلة ذات الاتجاه ، الواحد عالية . ولكن مما يبرر هذا وفرة الإنتاج ، الاقتصاد في أجور العمال . وشكل (١٤) يبين مكنتة درفلة ذات اتجاه واحد في أثناء التشغيل .



شكل (١٤) مكنة درفلة بأحماء واحد (لدرفلة الكتل المسطحة)

وينظم توزيع سرعات مجموعات الدرافيل المختلفة بواسطة مجموعة من تروس الادارة . ويمكن تعويض التأكل في الاسطوانات ، وكذلك يمكن درفلة تخانات مختلفة من المعدن بواسطة تغيير المسافة بين الدرافيل . ويدخل المعدن بين الدرافيل بواسطة حواجز وحوامل أسطوانية خاصة .

وتتم درفلة الصلب ، وهو في الحالة اللينة المعجنة في المراحل النهائية في حالة درفلة الألواح . وتدرفل المواد غير الحديدية مثل النحاس الأصفر والألمنيوم وسبائك النيكل والفضة ، في العادة على البارد ، في سلسلة من العمليات . ومن الضروري إجراء عملية تخمير بين عمليات الدرفلة ، لتلين المادة لأنها تتصلد نتيجة للتشغيل على البارد في أثناء الدرفلة . وتدرفل كميات كبيرة من النحاس الأحمر على الساخن لتصبح في هيئة أسياخ تسحب منها الأسلاك .

وتزن كتل الصلب المستخدمة في صناعة الكرات والقضبان والألواح عادة فيما بين (٣ أطنان و ٢٠ طناً) ولها مقطع مربع بأركان دائرية . وتحول هذه الكتل إلى مدرفلات مسطحة وأخرى مربعة وألواح . ثم يعاد تسخينها أو تشكيلها

بأساليب أخرى إلى أشكالها النهائية . وتم إعادة تسخين الكتل بعد إخراجها من قوالبها في حفرات الاستقاع الحرارى ، كما ذكر من قبل . ويستعمل الغاز الخارج من الأفران العالية وقودا لهذه الحفرات ، عندما تكون قريبة منها . وتزيد مدة بقاء الكتل في حفرة الاستقاع على اللدة التى تبقى فيها الشبقات لتبرد . وتتعادل خلال مدة بقاء الشبقات في الحفرة درجة حرارة الكتلة في جميع أجزائها . وهذا ضرورى لتنجاح عملية الدفلة على الساخن ، كما هو ضرورى لأى عملية من عمليات التشكيل الأخرى على الساخن .

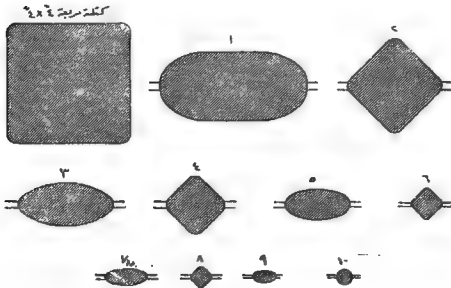
ورفلة الشبقات المربعة والمضيقية المربعة للعمدة

وتلزم لدفلة الشبقات والقضبان على الساخن ، معدات درفة خاصة لتحكم من إمرار للدفلات عدة مرات ، وللمعدن لا يزال ساخنا . وهذا ينطبق على وجه الخصوص على الصلب ، حيث يلزم التحكم الدقيق في درجة التشطيب والحصول على خواص فيزيائية معينة . وتعد بنفس الطريقة للدفلات المربعة ، وكذلك القضبان التى لا أبوبة فيها ، وليس فيها انفصالية للشوائب ، ولا أخطاء سطحية ضارة لتشغيلها إلى منتجات نهائية بأساليب الحدادة المختلفة والتى يتبعها التشغيل بالمكائن ثم التجليخ .

وعندما تلزم منتجات من الصلب الجيد ، تعاد درفة الكتل المربعة والأعمدة ، وهذا يخلصها من أى عيوب تكون قد بقيت في الصلب . ويحقق هذا التشغيل الإضافى على الساخن سلامة السطح وسلامة الجزء الداخلى للمعدن ، كما يُظهر أهم خواصه الفيزيائية إلى أقصى حد . وشكل (١٥) يبين عدد مرات الدرفة ، وكذلك تتابع العمليات اللازمة لانقاص مقطع مدرفل مربع بمقاس (٤ × ٤) إلى أعمدة مستديرة للقطع . ويعتمد عدد مرات الدرفة على شكل وحجم القضيب المراد درفلته . ويتأتى من اتباع خطوات الدرفة هذه الاندماج في بنية المعدن وتولد خطوط السياحية في اتجاه الدرفة .

مزايا عمليات صراطة المعادن

أهم ميزة لتشغيل المعدن بأساليب الحدادة المختلفة الشائعة ، هي تحسين كبير في خواص المعدن ذاته . والحقيقة أن تشغيل المعادن لتشكيلها إلى المنتجات المطلوبة هي أكثر من مجرد توليد الشكل المطلوب لجزء معين من المعدن . ويحسن تشكيل المعدن بأساليب الحدادة الحديثة من حبيبات البنية ، ويزيد قدرته على التحمل ، ويحسن خواصه الفيزيائية ، كما تكون بنيته متجانسة خالية من العيوب الداخلية . وتحقق مقصرة التحمل وللتانة التي بالمعدن ، التي نشأت عند إجراء أساليب الحدادة عليه ، معامل أمن وسلامة وضروري جدا إذا عرضت للنتجات إلى أحمال كبيرة في أثناء استعمالها ، أو إلى اجهادات داخلية تنتج من هذه الأحمال في أثناء الاستعمال . وهذه الزيادة في معامل الأمن مرغوب فيها ، وخصوصا في حالة الطوارئ التي تحدث عندما يتعرض الجزء للشغل لاجهادات مفاجئة لم تخطر على بال المصمم عند حسابه لاجهادات الاستعمال ، كما يحدث في حالة أجزاء المحركات أو غير ذلك من آليات .



شكل (١٥) رسم يبين عدد مرات تمرير المدرفلات على الدرافل ، وتتابع العمليات اللازمة لإنتاج مقطع كتلة صربية مقاس « ٤ × ٤ » إلى أبعاد مستديرة المقطع

ويمكن التحكم في اتجاه وتركيز حبيبات البنية التي تترتب كالألياف عند تشغيل المعادن بالحدادة . وخصوصا في المواضع التي تتعرض لأكبر الاجهادات وذلك بأسلوب مناسب من أساليب التشغيل بالحدادة . وتنمى عمليات الحدادة الخواص الطبيعية المرغوب فيها في الجزء المشغل ، وهى الخواص التي من شأنها زيادة تحمل المعدن لاحتياجات الاستعمال . والأساليب الحديثة في صناعة السبائك المعدنية المختلفة يسرت اختيار أنسب المعادن لأي جزء يطلب تشغيله . يؤدي هذا الاختيار مع استعمال طريقة حدادة ملائمة ومع معالجة حرارية مناسبة إلى إنتاج أجزاء معدنية تطابق المواصفات المطلوبة .



(أ)



(ب)



(ج)



(د)

شكل (٦) تكوين خطوط الانسياب أو ترتيب الألياف بالتشغيل

تستطيل جزيئات المعدن في أثناء عملية الحدادة على شكل ألياف طويلة تسمى خطوط الانسياب . وشكل (١٦) يبين تكوين هذه الألياف بالحدادة . ويبين (١) الانفصالية في البنية الدندرية (الشجرية) في مقطع الشق . وتظهر هذه الحالة بوضوح عند معالجة السطح بحامض ساخن . ويبين (ب) تأثير عملية حدادة قصيرة غير مطولة ، أو عملية أخرى من عمليات التشغيل على الساخن في تحويل البنية الدندرية . للطولة في اتجاه انسياب المعدن . ويبين (ج) تأثير الحرارة للطولة أو عملية أخرى من عمليات التشغيل على الساخن . ويمكن ملاحظة النقص الواضح في المعدن من الشكل . وأخيرا يبين (د) كيف أن البنية الدندرية الشجرية الأصلية قد تطورت إلى خطوط انسيابية على شكل ألياف .

(٣) المادن

تنتشر جزئيات المعدن المختلفة خلال فترة التشغيل على الساخن ، ويسبب هذا نقصاً في الانفصالية في الكتلة المسبوكة ينتهي باختفائها تماماً . والتشغيل للطول على الساخن يؤدي إلى إنتاج صلب متجانس له انسياب أو ألياف دقيقة . وشكل (١٧) يبين كيف أنه يمكن إظهار خطوط الانسياب في أي جزء أجريت عليه عملية من عمليات الحدادة ، وذلك بقطع الجزء ومعالجته بمحلول في درجة الغليان ، يتكون من (٥٠ ٪ حامض هيدروكلوريك و ٥٠ ٪ ماء) . وبين الشكل مقطعا في عمود مرفق (كرنك) شكل بطريقة الحدادة بمطرقة التساقط وعولج بحامض ساخن .

وتحدث هذه الخطوط الانسيابية خواص اتجاهية واضحة . والأجزاء التي تولدت فيها ألياف ظاهرة إثر عملية من عمليات الحدادة لها ممطولية ومثانة تقل في اتجاه

متعامد على اتجاه الألياف

عنه في اتجاه الألياف ، كما هو

الحال في الخشب . وشكل (١٨)

يبين كيفية الاستفادة من

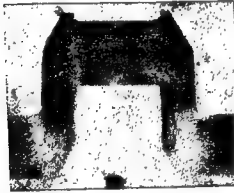
مزايا خطوط الانسياب عند

تشغيل أجزاء مختلفة ، مثل

الخطاف أو عمود للرفق

(الكرنك) ، بعملية من

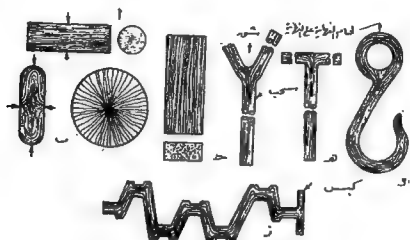
عمليات الحدادة . وبين (١)



شكل (١٧) قطاع في عمود مرفق (كرنك)
عولج بحامض ساخن

خطوط الانسياب في قضيب مدرفل أو مشكل بالحدادة . وبين (ب) كيف أن هذا القضيب قد شكل ليصبح رساله خطوط انسياب مركزية ، لأسنانه أقصى مقاومة . وبين (ح) و (د) و (هـ) و (و) خطوات صناعة خطاف ، يمكن بها الاستفادة إلى أقصى حد من الخطوط الانسيابية . والجزء للنحنى في الخطاف أهم موضع فيه ، إذ تتركز الأجهادات فيه عند الاستعمال . وبين (ز) خطوط

الانسياب أو الألياف في عمود مرفق، كما يلاحظ أنها تتشكل بشكل الجزء العام .



شكل (١٨) كيفية الاستفادة من خطوط الانسياب في تشكيل ترس
وخطاف وعمود مرفق الحدادة

ومن مميزات عملية الحدادة ، أنه يمكن الاقتصاد في الوزن دون تقليل من قدرة التحمل أو حمل الأمان ، كما يمكن استخدام مقطع أصغر دون الاقلال من قدرة الجزء المشغل على التحميل . وهذا يقلل من الحجم الذي له أهمية كبرى في حالة الكائنات الحديثة وغيرها من المحركات أو الآليات . وكذلك يمكن الحصول بأساليب الحدادة على أقصى مقاومة للشد أو الضغط أو الالتواء . وكذلك في حالة تقب المعادن في أجزاء الآليات . وهذا التحسن في المعدن ينشأ من التحكم في انسياب الجزئيات في أثناء الحدادة . وللحصول على أحسن النتائج في الجزء المشغل ، يجب اختيار أنسب المعادن وأنسب أساليب الصناعة . وجعلت أساليب الحدادة الحديثة من الممكن تشغيل أجزاء بتفاوت صغير ، تشغيلها على الكائنات أقل من الأجزاء المشغلة بالطرق البدائية الأخرى . ومكنت وفرة الأنواع المختلفة من المعادن وسبائكها للتعبئة من اختيار المعادن التي يسهل تشغيلها بالرافيل مما أدى إلى تخفيض تكاليف إنشاء الكائنات وآلات ومعدات التشغيل .

أسئلة للمراجعة

- ١ — ما هي الطريقة المستعملة في تقدير نوع وجود المعدن؟
- ٢ — ما هي الجودة الحقيقية لجزء صمم ليعمل تحت ظروف معينة؟
- ٣ — اشرح معنى مجموعة متوازنة من الخواص الطبيعية المشتركة لمعدن اختيار لمنتج معين .
- ٤ — عرف خاصية اللتانة لمعدن ما .
- ٥ — ما هو الشكل الصناعي الأول لمعظم المعادن؟
- ٦ — ما هي العناصر الداخلة في تكوين الصلب الكربوني؟
- ٧ — اذكر بعض العناصر المختلفة ، التي قد توجد في بعض أنواع الصلب السبائكي الخاصة .
- ٨ — في أي حدود تتراوح أحجام كتل الصلب؟
- ٩ — اذكر و اشرح باختصار مسببات بعض العيوب الشائعة في كتل الصلب .
- ١٠ — ما هي الثلاثة أساليب الرئيسية لصناعة الصلب؟
- ١١ — اذكر التقسيمات الخمسة الرئيسية للصلب .
- ١٢ — اشرح باختصار عملية الدرفلة على الساخن لتشكيل المعادن .
- ١٣ — صف الدرافيل التي تستخدم في درفلة الصلب .
- ١٤ — ما هي معدات الدرفلة ذات الاتجاه الواحد المستخدمة في درفلة الصلب؟
- ١٥ — ما الغرض من الأفران الخاصة ، وما درجات الحرارة التي يعمل بها؟
- ١٦ — صف عملية تشكيل الكتل المسطحة والأعمدة ، استعدادا للتشغيل بالحدادة .
- ١٧ — اذكر أهم ميزات حدادة للمعادن .

الباب الثالث

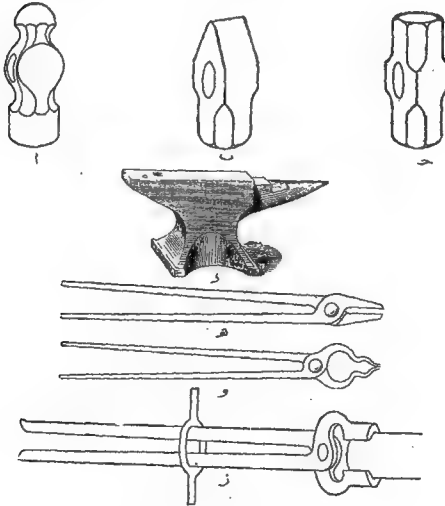
الحدادة اليدوية

الحدادة في الزمن القديم

لم تعرف أساليب الإنتاج الكبير المستعملة في الحدادة إلا حديثاً . ولكن حدثت عدة تطورات وتحسينات في الأساليب المعروفة وذلك لتحسين المنتجات ، وزيادة كمياتها . وتهدف أساليب الحدادة الحالية إنقاص تكاليف المنتجات دون المساس بجودتها . وكانت الحدادة اليدوية قبل ظهور الطرق الحديثة أهم وسيلة لتفكيك المعدن الساخن إلى الشكل المطلوب . وكانت عمليات الطرق اليدوية ، هي مما يقوم الحداد به في غالب الأحوال ، ليصنع من الحديد والصلب كل الأشكال المطلوبة التي يمكن تشكيلها تفكيكاً لدينا بهذه العمليات اليدوية . ولكن في وقتنا الحالي أصبحت تكاليف أداء الحدادة بالطرق اليدوية ، وعدم دقة نتائجها مما يجعل هذه الطرق اليدوية غير مجدية بتاتا . لهذا لا تستخدم إلا قليلاً في تشكيل بعض المنتجات البسيطة المطلوبة ، لأغراض الصيانة ، وغير ذلك مثل مستلزمات ورش إصلاح السكك الحديدية . . . الخ . ولذلك استغنت معظم الورش عن الحدادة اليدوية ، واستبدلتها باستخدام الطرق الميكانيكية ، كإحلت الأفران الحديثة محل الكور القديم في تسخين المعادن . إلا أن مبادئ وقواعد الحدادة اليدوية ، لا تزال تستخدم في أساليب الحدادة الميكانيكية الحديثة ، هذا زيادة عن أن كثيراً من المنتجات لا تزال تفكك بالحدادة اليدوية في مرحلة التصميم . ولا شك أن هذه الطريقة أقل نفقة من صنع قوالب مرتفعة التكاليف ، لمنتجات في مراحل التطوير الأولى . ويستحسن دراسة أساليب التفصيل بالحدادة اليدوية ، ودراسة معادتها قبل دراسة طرق وأساليب الحدادة الميكانيكية المعقدة ، وكذلك دراسة الآليات التي تستعمل في الإنتاج الكبير .

الآلات والعرو اليدوية

وما زالت أساليب الجدادة اليدوية وطرقها ، تمارس على نطاق محدود لتشكيل الأجزاء الصغيرة ، كما ذكر من قبل . والواقع أنه في بعض الأحيان ، لا يستغنى عنها عند صنع الآلات التي تلزم لورش الصيانة ولأعمال الإصلاح . وكثيرا ما تستعمل المطارق الميكانيكية الصغيرة بدلا من المطارق اليدوية ، كما أن عددا من الآلات والعديد الصغيرة ، يلزم إعدادها لتزيد سرعة العملية ودقتها . ولهذه الآلات في الغالب مقابض خشبية تمسك باليد في أثناء الطرق عليها « بالمرزبات » أو بالمطارق الميكانيكية . ويبين شكل (١)



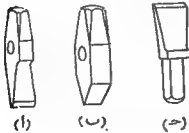
شكل (١). آلات الجدادة اليدوية

مجموعة من هذه العدد والآلات اليدوية المستعملة في الحداة اليدوية . ويبين (ا) مطرقة بيضاية يستخدم في أغلب عمليات الحداة اليدوية . ويبين (ب) مطرقة بتاريج (مطرقة حدادة بوجه واحد) . ويبين (ج) مرزبة (مطرقة حدادة ثقيلة بوجهين) . وهاتان للمطرقتان لاستعمال مساعد الحداد، ويرأوح وزنهما فياين ٢٠,٥ رطلا . ويبين (د) سندال الحداد — وهي أداة تستخدم بنفس الشكل والصورة منذ عدة قرون . وفي بعض الأحيان تصمم بعض السندالات بشكل خاص لتستعمل في بعض عمليات حدادة معينة ، ولكن استعمالها ياتل استعمال السندال العادى المستعمل في أغلب عمليات الحداة اليدوية . والسندال اللين في (د) يتكون من الجسم (ا) الذى يصنع غالبا من الحديد المطاوع ، ويلحم عليه سطح من الصلب الصلب . ويسمى الجزء (ب) القرن ، والجزء (ح) ذيل السندال . ويرتكز السندال على قاعدة وأرجل في أسفله . وفي ذيل السندال ثقبان أحدهما مربع ، ويسمى الثقب الربع ، والآخر مستدير ويسمى الثقب المستدير .

وتستخدم ملاقط بأشكال مختلفة في عمليات الحداة اليدوية ، لأنه كثيرا ما يطلب طرق أجزاء على السندال لا يمكن مسكها باليد ، ولكن باستخدام للملاقط المناسبة يمكن مسكها وتناولها بسهولة . وكما يمكن مسك وتناول الأشياء الصغيرة بها مثل الأسلاك ، يمكن مسك الأجزاء الكبيرة مثل الشبقات والكتل والقضبان باستعمال ملاقط مصممة لتناسب كل حالة . ويصمم فكا للملقط ليناسبا الجزء المراد تناوله في أثناء طرقه على السندال . ويبين شكل (ا) مجموعة من الملاقط التى تستعمل كثيرا في الحداة اليدوية . ويبين (هـ) ملقطا مستقيما (و) ملقطا معوجا (ز) ويبين حلقة لإحكام إقبال ملقط ملفوف عند مسكه قطعة ثقيلة . وهذه بعض الأمثلة للتعرف على للملاقط التى يشيع استعمالها ، وهناك ملاقط عديدة أخرى مصممة لجميع الحالات عند حدادة الأجزاء والآلات والأوزان والاشكال المختلفة . ومن الآلات والعدد اليدوية أنواع مختلفة من المقاطع التى تستخدم لقطع الصلب الساخن أو لحز الصلب البارد . ويبين شكل (٢) مجموعة من هذه المقاطع التى تستخدم لقطع الصلب .

وبيين (١) مقطعا يقطع على الساخن و (ب) مقطعا يقطع على البارد و (ج) قطاعة . وتستخدم القطاعة بوضعها في الثقب للربيع في كعب أو ذيل السندان ، ثم يطرق على الصلب بوجه المطرقة مع وضع الصلب على حد القطع في القطاعة . ويستخدم بلبس بأشكال مختلفة لتشكيل وتشطيب الأسطح المحدبة والثقوب للمستديرة وغير ذلك من الأشكال المناسبة . ويبين شكل (٣) بلبس ملف مصمم لتشكيل الأجزاء المستديرة . وتعرف الآلة العليا بالملف العلوي . وهي مزودة بمقبض مشابه ليد المطرقة . وهذه الآلة توجه الضربة فوق للمعدن الساخن الموضوع على آلة للملف السفلي المثبتة في مكانها بواسطة ساق مربعة تمتد إلى أسفل وتثبت في الثقب للربيع في ذيل السندان اللين في شكل (١) . ويجب ألا تستخدم الآلات التي لها سيقان مربعة على السندان ، إذا وجدت صعوبة في تثبيتها بإحكام في الثقب . ولبس الخصر للنفوف ، هي آلة تستخدم في تشكيل المجاري أو الفجوات في أثناء طرق المعدن الساخن إلى الشكل المطلوب . ويبين شكل (٤) بلبس خصر ملفوف لتشغيل المجاري أو الفجوات المطلوبة . وهو يتكون من آلة عليا وأخرى سفلى . والآلة العليا مزودة بيد ، وتستخدم في تشطيب المعادن عند الأركان وحول السرر . وأجزاء الزوايا الداخلية — والآلة السفلى لها ساق مربعة تثبت في الثقب المربع في السندان ، وتستخدم هذه الآلة لبسط المعدن في اتجاه واحد .

وهناك آلات مختلفة مصممة لصقل الأجزاء المسطحة في أثناء عملية التشطيب ، وتعرف هذه الآلات (بلبس سوكة ولبس مريح) . واللبس السوكة له فائدة في تشغيل المعدن على الساخن داخل الزوايا والأمكنة الضيقة . ويصمم البلبس المربع لتشغيل الأسطح المستوية الواسعة .



شكل (٢) مقاطع مختلفة

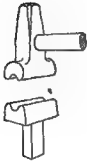
ويستعمل السبك المستدير لثقوب ثقوب مستديرة في المعدن على الساخن . وهناك سناكب أخرى ذات أشكال مختلفة تستخدم لعمل ثقوب بيضاوية ومربعة . . . الخ .

ويبين شكل (٥) بلص سوكة، وشكل (٦) بلصا مربعا، وشكل (٧) سنبكاً مستديراً .

كوار الحديدة :

أبسط الأكوار التي يستعملها الحداد، عبارة عن فرن مفتوح يعمل بالهواء المضغوط . ويمكن تسخين الحديد والصلب ومعادن أخرى وتجهيزها إلى الاشكال المطلوبة في هذا الكور . وتعمل المواد الحرارية مثل الطوب الحراري في بناء هذا النوع من الأكوار التي لها في الغالب شكل مستطيل . وهناك غطاء في أعلى الفرن لتجميع وسحب الدخان إلى للدخنة . وكثيرا ما يثبت في جاب الكور حوض مصنوع من الحديد ، يملأ بالماء ينفذ فيه الحداد القطعة المحمية من الصلب لزيادة صلابته . ويضغط الهواء اللازم بمراوح ، إما باليد أو ميكانيكيا . وهناك فتحات خاصة في أسفل الكور يدخل منها الهواء تحت النار ، ويمكن التحكم فيها بصمامات مناسبة .

وتصنع الأكوار بأشكال وأحجام مختلفة ، ولكن بنفس الفكرة في التصميم ، وهي أن الغرض الأساسي للكور ، هو أن يولد النار اللازمة لتسخين المعدن قبل الطرق . ويجب الاحتفاظ بمق كبير من فحم الكوك بأقل



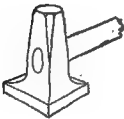
شكل (٥) بلص ملف



شكل (٦) بلص خمر ملفوف



شكل (٧) بلص سوكة



شكل (٨) بلص مربع

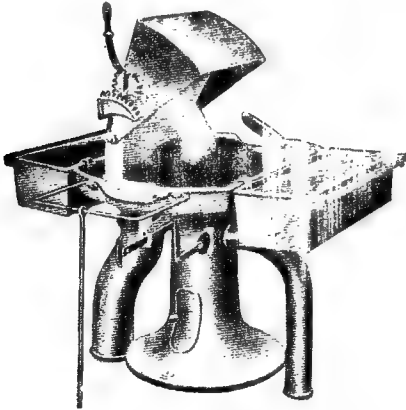


كمية من الهواء المضغوط ، الذي يدخل من الفتحات في أثناء تسخين الصلب في الكور . ويلاحظ أنه إذا كان عمق غم الكوك قليلا وكمية الهواء كبيرة في الكور ، يسبب زيادة في أكسدة المعدن ، وربما يحترق الصلب في أثناء تسخينه .

وشكل (٨) يتبين فيه كور يتجه فيه الهواء المضغوط

إلى أسفل ، وعليه غطاء لتجميع وسحب الدخان . وتظهر في الشكل ماسورة متصلة بالغطاء تمتد إلى أسفل ، كما هو مبين إلى يسار

الشكل ، حيث تصل إلى مروحة العادم التي تسحب الهواء إلى الخارج . وعندما توضع اللواسير تحت الأرض يسمى هذا نظام الهواء المتجه إلى أسفل . وتظهر للماسورة التي بها الهواء المضغوط تحت مستوى الأرض أيضا ، كما هو مبين في اليمين



شكل (٨) كور بنظام الهواء المتجه إلى أسفل

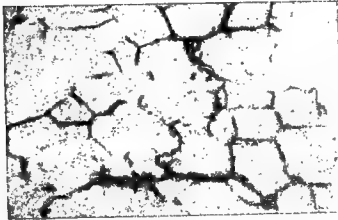
من الشكل ، كما تظهر الماسورة التي توصل ماسورة الهواء المضغوط وتوجه إلى أعلى في الفتحات . ويتحكم صمام خاص في كمية الهواء المضغوط الذي يمر على النار .

ويستمد تيار الهواء المضغوط في بعض أنواع الأكوار القديمة ، من منفاخ . في حين تستخدم الأنواع الحديثة ، مراوح دوارة هي طلبات الهواء أو المراوح الصادرة ، وهي إما تدار باليد في الورش الصغيرة ، أو ميكانيكياً في أغلب ورش الحداثة . وتدار المراوح أو طلبات الهواء بالسير من طمبور مثبت على عمود الإدارة ، ويستمد حركته بالسير من محرك كهربى ، أو تدار المراوح من محرك مثبت فيها مباشرة . وأكثر أنواع الوقود استعمالاً في كور الحداثة لتسخين الحديد المطاوع والصلب ، هو نوع جيد من الفحم الحجري اللين الخالى من الكبريت ، يكسر إلى قطع صغيرة لزيادة كفاية التسخين . كما يستخدم غم الكوك في تسخين الحديد والصلب لأنه لا يندفد فلا يمتلئ النار في الكور . والفحم النباتى وقود ممتاز لأنه خال من الكبريت وخال من العناصر الأخرى غير المرغوب فيها ، ويولد نارا نظيفة . ويستخدم الفحم النباتى خاصة في تسخين الصلب الكربونى ، ولكنه لا يستخدم في تسخين الصلب سريع القلع (صلب الهواء) ، لأن الحرارة المولدة من احتراقه لا تكفى لرفع درجة حرارة هذا النوع من الصلب إلى درجة الحرارة التى تناسبه . كما يستخدم الغاز أو الزيت أو مسحوق الفحم في كور الحداثة لتسخين كل من الحديد والصلب .

التسخين للمراصة

يعتبر تسخين المعدن من أهم عمليات الإنتاج بالحداثة . وكثيرا لا يعنى بأداء هذه العملية ، فتظهر صعوبات كثيرة في أثناء عملية الحداثة وفي أثناء المعاملات الحرارية التى تتبعها . والواقع أن كثيرا من العيوب التى تظهر المنتج النهائى ، يسببها خطأ في طريقة التسخين عقب عملية الحداثة نفسها . ومن هذه العيوب الرئيسية عند تسخين المعدن : التسخين الزائد عند الزوم والتسخين غير المنتظم .

وطريقة تسخين المعدن الصحيحة هي ألا يكون هناك فرق بين درجة الحرارة عند سطح المعدن، وبين درجة الحرارة الداخلية. ويحدث عند تشغيل معدن درجة حرارة سطحه أعلى من درجة حرارة داخله انسياب غير منتظم، قد يسبب تشققا داخليا في المعدن. ويتبين من الخبرة العملية في الحدادة، أن مدة تسخين قدرها ساعة أو ساعتان للبوصة في مقطع قطعة من المعدن، هي السرعة المناسبة للتسخين. ويجب أن تكون مدة التسخين عند أعلى درجة حرارة مدة كافية للتأكد من انتظام توزيع درجة الحرارة على جميع أجزاء المعدن. فيلزم تقضيب صغير من الصلب ألا يزيد عن (٣٠ دقيقة) ليصل إلى درجة حرارة الحدادة المناسبة، ثم يلزم بعد ذلك من (١٠ إلى ١٥ دقيقة) أخرى قبل الحدادة. وقد تحتاج كتلة كبيرة جدا من الصلب إلى أكثر من ٨٠ ساعة لتسخينها و ٣٠ ساعة أخرى قبل الحدادة.



شكل (٩) سطح مقطع كتلة معروقة سخنت أكثر مما يجب في أثناء الحدادة

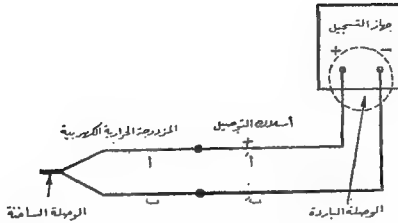
درجات حرارة الحدادة

يميل الكثيرون إلى تسخين المعدن حتى درجات حرارة أعلى من الدرجة المطلوبة لأداء عملية الحدادة على الوجه الأكمل، ويرجع ذلك إلى سهولة أداء

الحدادة في درجات الحرارة العالية . وقد تسبب درجات الحرارة الزائدة عن الحد احتراقاً يتلف تماسك المعدن ، كما هو مبين في شكل (٩) . وفي هذه الحالة يجب إعادة صهر المعدن . وإذا سخن المعدن إلى درجة حرارة تزيد عن الحد ، ولكن لم يحدث عندها احتراق ، تكبر وتخنس حبيبات بنيته . وكثيراً ما يسبب هذا ارتفاع درجة حرارة التشطيب . ويحدد تركيب المعدن بداية درجات حرارة احتراقه وانصهاره ، لذلك يجب أن يتوقف تسخين المعدن قبل درجات الحرارة هذه بمقدار (٢٠٠°ف) على الأقل . وتحدد عمليات الحدادة نفسها ، الحد الذي يمكن الوصول إليه بالقرب من درجات حرارة احتراق المعدن المسخن . فإذا كان للطلوب تغييراً كبيراً في شكل الخامة لتشكيل المنتج المطلوب ، يصح أن يسخن المعدن إلى أن تقترب درجة حرارته من درجة حرارة الاحتراق أو الانصهار . وإذا كان للطلوب تشكيل للمعدن تشكيلاً بسيطاً لا يحتاج لعمليات حدادة كثيرة ، يلزم تسخينه إلى درجة حرارة كافية ، لا تزيد عما هو ضروري لإنهاء العملية فقط .

وسائل قياس درجات الحرارة

تستخدم أساليب حديثة لقياس درجات الحرارة داخل أفران تسخين المعادن قبل الحدادة . وطريقة القياس (بالبيرومتر) ، أو بمقياس درجة الحرارة بمزدوجة حرارية كهربية (الترموكبل) ، أوسع الطرق انتشاراً لقياس درجات الحرارة داخل الأفران . ويتكون مقياس الحرارة هذا من مزدوجة حرارية كهربية ، توضع في الفرن ، وتتصل هذه للمزدوجة بأسلاك بجهاز لتقدير درجات الحرارة . وتتكون أجهزة قياس درجة الحرارة ، إما من النوع الذي يشير إلى درجة الحرارة ، أو الذي يسجلها برسم بياني . وقد تستخدم الطريقتان معاً في بعض أنواع الأجهزة . وبين (شكل ١٠) الدائرة الكهربائية المستخدمة في مقياس درجة الحرارة (البيرومتر) ، وكذلك المزدوجة الحرارية والكهربية ، واللذين في (شكل ١٠) جهاز بسيط مكون من سلكين من معدنين مختلفين طرفاهما ملحوم أحدهما في الآخر ، ومتصلان بجهاز تسجيل درجة الحرارة من طرفيهما الآخرين . ويوضع الطرف



شكل (١٠) الدائرة الكهربائية لجهاز الحرارى الكهربى الذى يبين درجة حرارة الفرن

للملحوم داخل الفرن ويصبح الوصلة الساخنة . وتصبح الأسلاك المتصلة بجهاز تقدير درجة الحرارة الوصلة الباردة . والواضح أن مجرد وضع طرف المزدوجة الحرارية الكهربائية الساخن في الفرن ، لا يمكن أن يقدَّر درجة حرارة الصلب الساخن الحقيقية . لذلك يجب ترك الصلب في الفرن وقتاً كافياً لترتفع درجة حرارته إلى درجة حرارة الفرن . وكذلك يلزم ترك الطرف الساخن مدة مناسبة ، ليشير جهاز تقدير درجة الحرارة إلى درجة حرارة تمثل الحالة الحقيقية للمعدن للسخن .

وهناك أنواع أخرى من مقاييس درجة الحرارة (البيرومترات) ، وأجهزة تسجيل درجة الحرارة . ومهما كان نوع الأجهزة المستعملة ، يلزم التأكد من صحة قراءتها (معايرتها) مراراً ، (مرتين في الأسبوع) ، ذلك إذا كانت هذه الأجهزة تستخدم باستمرار . وقد يؤدى إهمال التأكد من صحة قراءات الأجهزة أى معايرتها إلى عيوب خطيرة في المنتجات النهائية .

تستخدم طرق بسيطة معروفة منذ سنين عديدة ، لتحديد درجة حرارة المادن ، وخاصة الحديد والصلب . وهذه الطرق تتطلب خبرة عن تقدير درجة حرارة المعدن بالتقريب بمجرد النظر إليه . وبطبيعة الحال، يكون احتمال الخطأ في هذه الحالة كبيراً ، إذ ليس في استطاعة إنسان تحديد درجة حرارة المعدن الساخن بالضبط عن طريق لونه فقط . وبين جدول رقم (١) ألوان المعدن التي تتولد عند درجات الحرارة

المختلفة . ويستعمل الحداد الذي يشغل منتجات الحدادة بالأساليب اليدوية ، طريقة تعيين درجة حرارة الحديد والصلب للسخن في الكورن عن طريق اللون . ولتقدير درجات حرارة الحدادة لأنواع الصلب الكربوني وسبائك الصلب الشائعة الاستعمال ، يجب أن يرجع الطالب لكتاب (Forging Handbook) ، كتاب اليد في الحدادة ، الذي نشرته الجمعية الأمريكية للمعادن « بكينفلاند » أوهايو سنة ١٩٣٩ . وتنشر شركة (أليومنيوم الأمريكية) وشركة (رينولز للمعادن) نشرات بها معلومات مفصلة عن نطاق درجات الحرارة الدقيقة لحدادة سبائك الأليومنيوم المختلفة . وتوجه نظر الطالب إلى النشرات التي تنشرها الشركات الآتية :

Revere Copper and Brass Incorporated, American
Brass Company, and Dow Chemical Company.

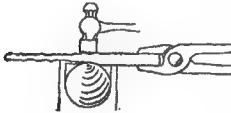
لمعرفة درجات حرارة الحدادة لسبائك للمعادن غير الحديدية . وللحصول على معلومات دقيقة عن خواص للمعادن المختلفة ، يرجع الطالب إلى كتب اليد في المعادن التي تنشرها الجمعية الأمريكية للمعادن « بكينفلاند » أوهايو سنة ١٩٤٨ .

جدول رقم (١) ألوان الحديد والصلب عند درجات الحدادة المختلفة

اللون	درجة الحرارة ف °
أحمر ، أقل ما يرى في الظلام	٨٧٨
أحمر ، أقل ما يرى في ضوء النهار	٨٨٧
أحمر غامق	١١٠٠
أحمر	١٣٧٠
أحمر فاتح	١٥٥٠
برتقالي	١٦٥٠
برتقالي فاتح	١٧٢٥
أصفر	١٨٢٥
أصفر فاتح	١٩٥٠

عمليات الحرارة اليدوية البسيطة

يجب في جميع عمليات الحدادة اليدوية تسخين المعدن في السكور إلى أعلى درجة حرارة يمكن أن يصل إليها ، بحيث لا يحدث أى ضرر له . وأكثر عمليات الحدادة استعمالاً ، هي عملية تقليل مساحة مقطع قطعة من المعدن للسخن ، ليزداد طوله . ويعرف هذا بسحب المعدن للسخن . وهي عملية يمكن إجراؤها بتشغيل المعدن على قرن السندان بسرعة أكثر من طرقها على سطحه . وطرق المعدن على سطح السندان ، يفرطح المعدن أكثر مما يجب ، فينتشر على مساحة أكبر منها إذا طرق على قرن السندان . وفي معظم الأحيان ، يكون المطلوب إطالة المعدن للسخن دون زيادة في اتساع عرضه . لهذا يستعمل قرن السندان لأن مساحته محدودة .



شكل (١١) سحّب المعدن على قرن السندان

ويبين شكل (١١) عملية سحب المعدن على قرن السندان . ويلاحظ أن الجزء الدائري من القرن ، يدفع المعدن إلى الانسياب في الاتجاه الطولى عند طرقه بالطرفقة . وسحب

المعدن على هذا القرن ، يستنفد معظم طاقة طرقه للطرفقة في دفع المعدن على الامتداد في الاتجاه المرغوب . والأدوات اليدوية ، البلوص والخصر للنفوف السابق شرحها تحقق إلى درجة ما نفس النتائج التي تصل بالطرق على القرن . ويمكن استعمال قضيب من الصلب مستدير المقطع لتأدية نفس الغرض عند استعمال المطارق الميكانيكية .

ويبين شكل (١٢) خطوات العمل اللازمة لسحب عمود مستدير للمقطع بقطر معلوم لتصغير قطره . ويلاحظ أن أحسن طريقة لسحب القضبان للمستديرة للمقطع ، هي طرق القضيب وسحبه إلى الطول المطلوب ، ولكن بقضيب مقطعه مربع ، ثم طريقة بعد ذلك إلى القطر المطلوب عندما يكون المعدن ساخناً لينا . ويبين الجزء (أ) القضيب المستدير قبل السحب ، والجزء (ب) الخطوة الأولى عند طرق القضيب

إلى الشكل المربع ، وهذا الأخير يطرق إلى الشكل للثمن كما في الجزء (ج) ، وأخيرا يظهر في الجزء (د) القضيبي بمد السحب وإعادة مقطعه إلى الشكل للمستدير .

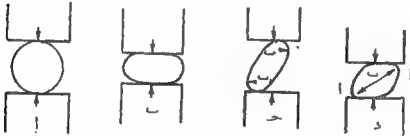


شكل (١٢) سحب عمود مستدير
للقطع ويصغر قطره

ويبين الجزء (١) والجزء (ب)

من شكل (١٣) الطريقة الصحيحة
والطريقة الخاطئة عند تشغيل قضيب
بالحدادة . فإذا طرق القضيب الأصلي

إلى الشكل النهائي للمستدير دون تفكيكه أولا إلى الشكل المربع ، يحتمل أن ينشق المعدن المسخن عند منتصفه تحت تأثير ضربات اللطرفة . ويوضح اتجاه الأسهم عند الجزء (ج) تأثير الضربات التي تقع على القضيب ، إذ ينحصر المعدن في هذا الاتجاه ، كما يتمدد في الاتجاه العمودي للين بالأسهم عند الجزء (ج) . والأسلوب الفنى الصحيح لحدادة قضيب مستدير موضح في الجزء (د) .

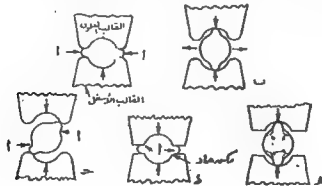


شكل (١٣) الطريقة غير الصحيحة لحدادة معدن مستدير المتقطع مبيئة في الأجزاء
(١) و (ب) و (ج) والطريقة الصحيحة مبيئة في الجزء (د)

من عمليات الحدادة اليدوية الأخرى عملية التبطيط . وهى عبارة عن تشغيل المعدن للمسخن بطريقة تؤدي إلى تقصير طوله وزيادة عرضه أو إلى الاثنين معا . وتتبع عدة طرق لتبطيط المعدن للمسخن ، وتنتخب منها أنسب طريقة في كل حالة ، تبعا لجرم الجزء وشكله . وإذا كان المطلوب « تبطيط » أجزاء قصيرة ، يوضع المعدن المسخن عادة على إحدى نهايتيه فوق السندان ، ويطرق الطرف العلوى في الاتجاه الأسفل . فإذا لم يبق الجزء في وضع عمودى ، ينحنى ، فإذا حدث ذلك ،

يلزم استبدال المعدن قبل مواصلة عملية التبطيط. وإذا طلب « تبطيط » أجزاء طويلة ، تطوح ذهابا وإيابا في اتجاه أفقى ، ويتم التبطيط بذلك نهاية « القطعة » على السندان .

وتستخدم عملية لف وتدوير المقاطع — وهي عملية من عمليات الحدادة — لتدوير المطروقات المطلوب تشكيل بعض أجزائها بدقة وبنعومة في سطحها ، أو عندما يطلب استدقاق (عمل سلبية) في القصبان. أما إذا لم تكن الدقة مطلوبة ، فتجربى عملية لف وتدوير المطروقات باليد، باستعمال الآلات والعدد اليدوية العادية. فإذا لُزمت الدقة في تشغيل الأجزاء التى مقاطعها كبيرة ، تستعمل قوالب أسطوانية الوجه ، بسيطة لهذه العملية ، فيثبت أحد جزئى القالب الأسطوانى فى الأسفل فى السندان ، ويثبت الجزء الآخر العلوى فى رأس المطرقة الميكانيكية . ويبين شكل (١٤) قالب تدوير بسيط لتدوير مقاطع المطروقات مكونا من جزئين . والقالب المبين فى الجزء (أ) والجزء (ب) أطرافه غير حادة ، وهذا لازم حتى لا يتسبب من الضغط بها على المعدن، زوايا حادة فى المعدن المسخن، كما هو مبين فى الجزء (د). وبذلك ينتهى الشكل كما هو مبين فى الجزء (هـ) . والقالب المبين فى الجزء (ج) له زوايا مستديرة ، ولكن طريقة وضع الجزء داخل القالب خاطئة .



شكل (١٤) قوالب لف وتدوير الحدادة وطرق تدوير مقطع المعدن الصحيحة والخاطئة

لحساب كمية المعدن المراد تشغيله بالحدادة إلى جزء بشكل معين ، يصح إهمال أى تغيير فى وزن المعدن النوعى لأنه صغير جدا . ولهذا يعتبر حجم المعدن قبل

عملية الحدادة مساوية لحجمه بعد الحدادة . ويحدد هذا الحجم قبل إجراء عملية الحدادة بالطرق الحسابية .

مثال : قضيب من الصلب قطره (٣ بوصات) سخن ثم أجريت عليه عملية التبطيط ، فأصبح قرصا مستديرا قطره (٨ بوصات) . فما طول القضيب الخام قبل الحدادة ؟

الحل : يقدر حجم القرص (وهو عبارة عن مساحة القاعدة \times الارتفاع)

$$\text{حيث مساحة القاعدة م} = \text{طنق}^2 \text{ حيث م} = \text{مساحة المقطع}$$

$$\text{ط} = 3,1416 \times 6 \text{ نقي} = \text{نصف القطر}$$

$$\text{م} = 3,1416 \times 4^2$$

$$\text{م} = 3,1416 \times 16$$

$$\text{م} = 50,27 \text{ بوصة مربعة}$$

$$\text{وبما أن الارتفاع} = 2 \text{ بوصة فيكون حجم القرص}$$

$$= 2 \times 50,27 = 100,54 \text{ بوصة مكعبة.}$$

ثم يقدر حجم جزء من القضيب بطول بوصة واحدة .

$$\text{م} = 3,1416 \times 1,5^2$$

$$\text{م} = 3,1416 \times 2,25$$

$$\text{م} = 7,07 \text{ بوصات مربعة}$$

$$\text{حجم جزء من القضيب طوله 1 بوصة} = 7,07 \times 1 = 7,07$$

بوصات مكعبة . ويقسم العدد ١٠٠,٥٤ على العدد ٧,٠٧ يكون الناتج

هو طول القضيب المطلوب الذي قطره ٣ والذي يلزم لتشغيل القرص .

$$\text{إذن } 100,54 \div 7,07 = 14,22 \text{ بوصة.}$$

ويمكن تقريب الطول حتى يساوي ١٤,٢٥ بوصة .

فلما يمكن تشغيل أجزاء متشابهة تمام المشابهة بطريقة الحدادة اليدوية لعدة

عوامل . والعامل الرئيسي هو أن عمليات الحدادة اليدوية تتم دون استعمال قوالب .

وإذا ما استعملت القوالب في بعض الأحيان ، تكون بأشكال بسيطة ورخيصة ، تصنع دون دقة كبيرة . ووصف القوالب المستعملة في الحدادة اليدوية بالتفصيل موضح في الباب الثالث عشر . ويتسبب في تعذر الحصول على أحجام ثابتة للمنتجات المشغلة بالحدادة اليدوية عامل آخر ، وهو أنه كثيرا ما يفضل ترك تفاوت مناسب لمواجهة ظروف معينة في أثناء عملية الحدادة . وسواء أكان التشغيل بالحدادة اليدوية ، أم باستعمال الطرق الميكانيكية ، فإنه يلزم ترك تفاوت مناسب لمواجهة نقص الحجم الناتج من تبريد المعدن في الهواء بعد الحدادة . فكما أن صانع النماذج يقدر انكماش المصبوبات بعد تجمد المعدن المنصهر في قوالب الرمل التي تشكل بشكل النموذج ، يقدر الحداد مقدار انكماش المعدن المطروق بعد تبريده . وفي الباب السادس عشر من هذا الكتاب معلومات عن مقادير انكماش المعادن المسفنة .

اللحام بالحدادة اليدوية

عملية اللحام بالحدادة اليدوية بسيطة ، لتوصيل قطعتين من المعدن ، وذلك بتسخينهما إلى درجة حرارة الحدادة ، ثم بالطرق عليهما بعد تجميعهما ، وهذه الطريقة هي الوحيدة المعروفة منذ قرون ، وما زالت تتبع إلى اليوم في حدود ضيقة ، وذلك عندما تكون طريقة اللحام باليد كافية لأداء الغرض المطلوب . والشرط الأساسي لنجاح عملية اللحام باليد ، هو تسخين المعدن المراد وصله بطريقة مناسبة . ويجب أن يكون التسخين تسخيناً نظيفاً منتظماً متساوياً في موضع تلاصق القطعتين . ويلاحظ أن درجات الحرارة التي تزيد عن الحد ، تسبب احتراق المعدن . وبين شكل (٩) عينة من الصلب المحروق . أما إذا كانت درجة الحرارة منخفضة ، يمنع تلاصق المعدن . ويقدر عامل اللحام بخبرته درجة الحرارة المناسبة ، التي يجب تسخين المعادن إليها قبل طرقها للحام . ولقد بينا فيما سبق في هذا الباب ألوان الحديد والصلب عن درجات الحرارة المختلفة . ويستحسن في الأحوال التي لا تعرف نتائجها ، أداء بعض التجارب على عينات صغيرة من المعادن المطلوب لحامها وذلك قبل تنفيذ عملية اللحام المطلوبة .

ويجب قبل إجراء عملية اللحام ،التأكد من خلو سطح المعدن من الشوائب ، كالفضلات وطبقات الأكسيد والزيوت وحيثات الرمل . وتبدأ كسد سطوح الحديد والصلب بسرعة كبيرة عند تسخينها ، فتتكون على سطحها طبقة من الأكسيد بسبب ملامستها مع الأكسجين. وتمنع طبقة أكسيد الحديد هذه المساحات المسخنة من التلاصق بالحداثة . أما إذا سخن المعدن إلى درجة حرارة كافية لصهر طبقاته السطحية ، وإذا شكلت المعادن بطريقة صحيحة ، يطرد الطرق بعنف طبقة الأكسيد المنصهرة ، ويحصرها خارج الجزأين المراد لحامهما ، إذ تتلامس أسطح المعدن المسخن النظيفة ويتم تلاحقها .

ويعمل البعض إلى رفع درجات حرارة اللحام كثيرا ، ولكن ربما يسبب هذا الارتفاع احتراق للمعادن للتلاصق . لذلك تستعمل مساعدات التلحيم ، وهي مواد خاصة تساعد على اللحام بالحداثة . وترش هذه المواد للمساعدة على سطح المادة المراد لحامها مباشرة قبل تسخينها إلى درجة حرارة اللحام . ثم يعاد وضع المعادن في الفرن، ويسخن إلى درجة حرارة اللحام المناسبة . ثم يطرق لعمل اللحام المطلوب . وتساعد المواد للمساعدة هذه ، طبقة الأكسيد على الانصهار عند درجة حرارة أقل بكثير من درجة الحرارة التي تجري عند اللحام دون هذه المواد ، إذ تنصهر في الحال وتنتشر على سطح المعدن الساخن ، وتكون طبقة واقية تمنع تولد طبقة أكسيد جديدة ، وذلك بعزل الهواء المؤكسد عن سطح المعدن . وتستخدم المواد للمساعدة لخفض درجة حرارة انصهار طبقة الأكسيد ، كما تمنع الهواء من ملامسة المعدن الساخن . وليس صحيحا أن المواد المساعدة هي مواد لاصقة .

وتستخدم مواد مساعدة مختلفة تناسب جميع أنواع اللحام بالحداثة . وأكثر المواد المساعدة استخداما ، الرمل والبوراكس . والرمل أنسب المواد المساعدة على عمليات لحام الحديد المطاوع ولحام صلب المكونات . والبوراكس أحسن المواد المساعدة للحام صلب العدة والأشغال الدقيقة ، لأنه ينصهر في درجة حرارة أقل بكثير من درجة حرارة انصهار الرمل . ومن الواضح أن خاصية الانصهار في درجات حرارة منخفضة ، تمكن من أداء عملية اللحام في درجات حرارة منخفضة

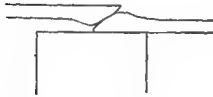
وهذا من أنسب الأمور للحام الأجزاء التي تتطلب جودة عالية في التشغيل .
ويستخدم كذلك خليط من البوراكس وكلوريد الأمونيوم مادة مساعدة للحام .
وتكون نسب الخلط عادة أربعة أجزاء من البوراكس وجزء واحد من كلوريد
الأمونيوم .

تشكل نهايات الأجزاء المراد لحامها بحيث تتلامس في منتصف منطقة اللحام
فقط ، بحيث لا تتلامس الجوانب . وعند عمل اللحام ، تنطرد طبقة الأكسيد
المنصهرة عند أداء عملية اللحام بالطرق . وطريقة اللحام الشائعة لوصل القضبان
المسطحة هي طريقة لحام (الشفة على الشفة) . وتشكل نهايات القطع استعداداً
للحام بكبسها ، بحيث تصبح أكثر سمكاً بالكبس من باقي القضيب . والغرض
من هذا التشكيل .

أولاً : ترميم السكة التي قد تحترق وتفقد وتتلاشى لتولد طبقة الأكسيد
عليها .

ثانياً : لمواجهة الطرق الشديد اللازم للحام القطعتين .

(ويبين شكل ١٥) شكل النهايات المناسب لذلك ، كما يبين موضعها استعداداً
للحام بالطرق .

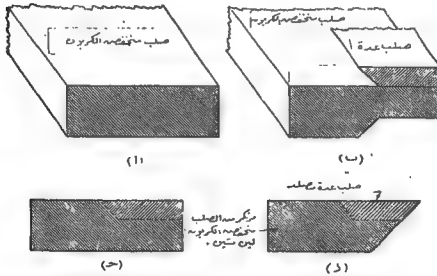


شكل (١٥) شكل نهايات المعدن وموضعها
استعداداً للحام

ويجب عند لحام صلب العدة
أن ينفى كثيراً بالتسخين قبل التشغيل .
ولا يختلف شكل النهايات عن شكلها
في المعادن الأخرى . وفي هذه الحالة
يكون العامل المساعد للحام خليطاً

من البوراكس وكلوريد الأمونيوم . وفي بعض الحالات يمكن لحام معدنين مختلفين ،
واحد مع الآخر ، كما في حالة صلب العدة الكربوني وصلب العدة السبائك من
الحديد المطاوع أو الصلب منخفض الكربون . ويلاحظ أن المعدنين الأخيرين

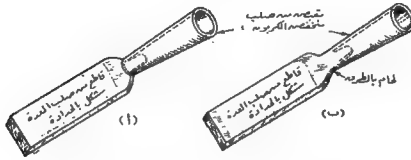
أرخص من سابقهما . ويمكن استعمال معادن رخيصة التكاليف منخفضة الثمن في صنع بعض العدد والآلات والأدوات . فيستعمل المعدن الرخيص في صنع البدن أو المرتكز ، بينما يستخدم المعدن الغالي الثمن في صنع إحدى القطع وأوجه الآلات ليقاوم تأكل الاحتكاك أثناء الاستعمال . وفي شكل (١٦) توضيح لكيفية لحام معدنين مختلفين عند صنع سكين مكنة (عدتها القاطعة) . والجزء (أ) يبين المرتكز أو الجزء الخلفي الذي يسند السكين ويشكل المرتكز (زاوية ٤٥°) حتى يكون موضعا مناسباً لتواصل صلب العدة ، الذي يشكل بدوره بنفس الزاوية . ويبين الجزء (ب) قطعتين معدنيتين للحام . ويبين الجزء (ج) قطاعاً في العدة بعد لحامها بالطرق . ويبين الجزء (د) قطاعاً في هذه العدة بعد التجليخ .



شكل (١٦) مرتكز من الصلب منخفض الكربون لين متين

ولحام المعادن المختلفة أمر شائع في صناعة عدد كبير من عدد القطع المستخدمة في صناعات كثيرة ، مثل السكاكين والأزاميل والأنصه . ولهذا الطريقة مميزات كثيرة ، منها أنها تخفض من تكاليف الصنع دون نقص في الجودة . ويعامل جزء العدة القاطع وحده حرارياً لتقسيته . ويبقى البدن أو المرتكز لدينا مطاوعاً ليتمكن استعداله في أثناء إجراء المعاملة الحرارية ، كما أن ليونة هذا البدن ومتانته تزيدان

من قدرة العدة على التحمل . وبين شكل (١٧) مثالا آخر للحام معدن غالى الثمن مع معدن رخيص الثمن . وهو عبارة عن عدة قاطعة مكونة من جزء قاطع مصنوع من صلب العدة ، ملحوم في مقبض رخيص التكاليف مصنوع من صلب منخفض الكربون .



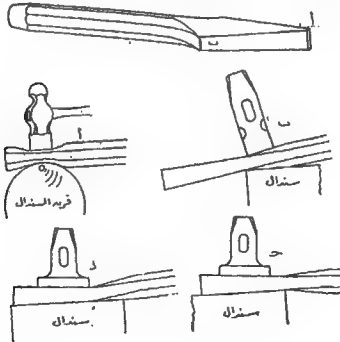
شكل (١٧) أزميل خشبي مكون من نصل قطع ملحوم في مقبض

صناعة الآلات القاطعة بالحدادة اليدوية

تصنع في أكثر الأحيان أقلام المخارط وللقاشط وعددها القاطعة ، وكذلك الأزامل المختلفة الأنواع التي تستعمل في تشغيل المادن والأحجار وغيرها من المواد الأخرى ، وكذلك تصنع الآلات المستعملة في قطع ونحت الأخشاب بالحدادة اليدوية ، وذلك بطرقها إلى الشكل المطلوب . وبعد تجليخها أوليا تصلد ثم تراجع في النهاية لتتخلص بدقة إلى الشكل والحد المطلوبين . والوسائل المستعملة في صنع هذه العدد والآلات بالحدادة اليدوية ، لا تختلف أساسا عن الطرق التي سبق شرحها . وتشغين المعدن في الأفران بالطريقة الصحيحة قبل الطرق عليه ، من أهم العناصر لنجاح عمليات الحدادة . فيجب لذلك العناية التامة بضبط درجة حرارة الفرن ، ودرجة حرارة المعدن عند بدايته وعند نهاية عملية الحدادة ، كما يجب استعمال الآلات بالوسائل والطرق الصحيحة ، وبالأخص عند صنع آلات القطع وعدده .

وتستخدم أنواع (رتب) مختلفة من الصلب الكربوني العادي ومن السبائك ،

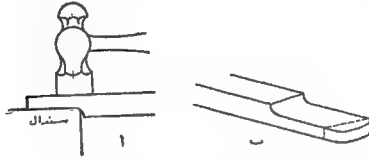
في صنع الآلات بوسائل الحدادة اليدوية . وتستهمل الآلات المصنوعة من الصلب الكربوني في الأعمال البسيطة ، التي لا تقع عند الاستعمال تحت تأثير درجات الحرارة أو السرعة العالية أو غير ذلك ، مما يتلف الصلب الكربوني . وتكون نسبة الكربون عالية حوالى (٠.٩٪) في الأجناد وحوالى (١.٢٪) في أقلام المخارط والمقاشط . ولتشكيل أزميل بالحدادة ، يسخن الصلب في كور أو فرن مناسب ، حتى يصير لونه أصفر ، ثم يطرق إلى الشكل المطلوب ويفطب ، حتى يصبح السطح أملساً ، وذلك قبل هبوط درجة حرارته . وحيث إن أدوات ومعدات الحرارة لتشكيل مثل هذه العدد والآلات ، هي السندان والمطارق على اختلاف أنواعها — كما هو مبين في شكل (١٨) — لذلك لا غنى عن المهارة والأقن في تناول المعدن ، وفي وضعه عند طرفه على السندان . ولهذا يجب أن يكون للصانع خبرة ودراية ومهارة في تناول المادان المسخنة لأداء عمليات طرقها وتشغيلها إلى الشكل المطلوب ، وخصوصاً عند صنع أنواع من الآلات والعدد الهامة . وشكل (١٨) يبين طريقة صنع أجنة قطعية بالحدادة . ويبين الجزء الأعلى من شكل (١٨) الأجنة بعد صنعها .



شكل (١٨) طريقة صناعة أجنة بالحدادة

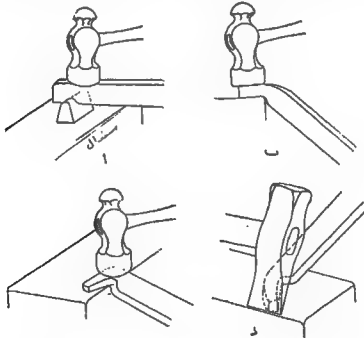
وتشمل الخطوة الأولى طرق جزء من المعدن على قرن السندان ، كما هو مبين في جزء (أ) . وفي جزء (ب) ، جزء (ج) ، جزء (د) أجزاء أخرى من الأجنة عند تشكيلها بالطرق على سطح السندان .

ويبين شكل (١٩) طريقة حدادة قلم خراطة لاقطعية . وفي الجزء (أ) طريقة



شكل (١٩) طريقة حدادة قلم قطعية

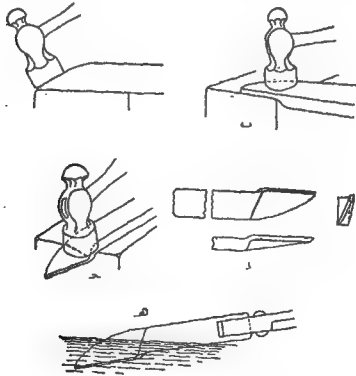
طرق جزء القلم الرفيع على السندان . ويجب ملاحظة وضع المطارقة بالنسبة للجزء المطروق في الموضع المبين في الشكل . ويبين الجزء (ب) شكل العدة النهائي . ويبين شكل (٢٠) طريقة التشكيل العام ، وخطوات العمل اللازمة لصنع قلم



شكل (٢٠) طريقة حدادة قلم خراطة يركب عليه حد قطع من الماس

خراطة بمجد قطع مصنوع من الماس . يُطرق المعدن أولاً على قاعدة بلص الخصر الملقوف ، بحيث يشكل المعدن إلى الثلثين كما هو مبين في الجزء (أ) . ويمكن استخدام حرف السندان المستدير ، بدلاً من البلص الملقوف . ثم يشكل الطرف كما هو مبين في الجزء (ب) ، ثم يثنى المعدن كما في الجزء (ح) ، ويشغل جانباً القلم حتى يتشكل حسب الطلب والحجم . وفي النهاية يوضع طرف القلم على سطح السندان ، ويقطع الطرف إلى الطول المطلوب باستخدام مقطع على الساخن .

ويبين شكل (٧١) طريقة حدادة قلم خراطة تسوية جانبية . وتبدأ العملية بسحب طرف المعدن كما هو مبين في الجزء (أ) . ثم يطرق الطرف عند ركن السندان ، بحيث يمكن سحبه حتى يصغر ، بحيث لا تلمس المطرقة السندان . ثم ينقل المعدن إلى قرن السندان لتشكيل طرف القلم أو لترفيح المعدن من ناحية واحدة . ويبين الجزء (ب) كيف يمتد سطح المطرقة خارج حافة السندان ، حتى يكون الامتداد



شكل (٧١) طريقة حدادة قلم خراطة تسوية جانبه

في الجزء من الناحية السفلى . ثم توضع الآلة على السندال كما هو مبين في الجزء (ج) . ثم يشكل جانبها الأعلى لعمل المخلوص الجانبي ، كما هو مبين في الجزء (ب) . وبين الجزء (هـ) كيف تسقى الآلة المشكلة بالجدادة في الماء أو الزيت ، بعد تسخينها إلى درجة حرارة التقسية . ويمكن تقدير درجة الحرارة هذه من لون المعدن المسخن . ويتراوح اللون بين الأحمر والأحمر الفاتح . ولقد سبق بيان درجات الحرارة التي تقابل الألوان المختلفة للصلب المسخن في هذا الباب . ويلاحظ أن تسخين القلم المشغل ، وتبريده بسرعة ، يقسيه ويصلده لذلك يسخن بعد ذلك مرة أخرى إلى درجة حرارة أقل من درجة حرارة التقسية ، ثم يبرد إلى درجة الحرارة العادية . وتسمى هذه العملية عملية المراجعة . والمراجعة تقلل من صلادة وقساوة القلم ولكن تزيد من متانته ، وتختلف درجة حرارة المراجعة تبعاً للمتانة المطلوبة في الجزء المشغل . وقد تكون درجات حرارة المراجعة هذه منخفضة إلى (٤٠٠°ف) أو تكون عالية تصل إلى (١٢٠٠°ف) أو أكثر .

وتشكل عدد وآلات الإنتاج المطلوب إنتاجها بأعداد كبيرة ، بالجدادة الميكانيكية ، أى بوساطة مطارق ميكانيكية وقوالب تشكيل دقيقة . ويرر العدد الكبير المطلوب من هذه الآلات والعدد ، استعمال قوالب الجدادة عالية التكاليف . وتصنع عدد الانتاج الكبير وآلات القطع فيه من معادن ذات جودة عالية ، تتحمل درجات الحرارة العالية التي تحدث من التشغيل على المكينات ذات السرعة العالية ، والتي تقاوم التآكل الناتج من الاحتكاك والمؤثرات السيئة الأخرى .

أسئلة للراجعة

- ١ — اشرح باختصار عملية الحداذة اليدوية .
- ٢ — اذكر بعض الآلات والعدد الرئيسية المستعملة في الحداذة اليدوية .
- ٣ — اشرح باختصار طريقة استعمال كور الحداد .
- ٤ — بين بالرسم طريقة سحب قطعة بسيطة على قرن السندال .
- ٥ — ارسم خطوات العمل المتلاحقة في سحب قضيب مقطعه دائري من قطر كبير إلى قطر أصغر .
- ٦ — وضع بالرسم طريقة الحداذة الصحيحة والحاطئة عند تشكيل قطعة مقطعا دائري .
- ٧ — اشرح طريقة التشكيل بالكبس بالحداذة .
- ٨ — اشرح طريقة تدوير اللقاطع بالحداذة .
- ٩ — قدر بالحساب طول قضيب من الصلب قطره (٢,٥ بوصة) ، سخن وأجريت عليه عملية الكبس إلى قرص دائري قطره (٦,٢٥ بوصة) وممكة ١٨ بوصة) .
- ١٠ — اشرح باختصار طريقة اللحام بالحداذة اليدوية .
- ١١ — ما هي درجة الحرارة المناسبة للحام قطعة من الصلب بالحداذة اليدوية ؟
- ١٢ — اذكر بعض أنواع مواد التلحيم للمساعدة في لحام الصلب ، واذكر فائدة استخدام كل منها .
- ١٣ — وضع بالرسم عملية التشكيل التي تجري على نهايتي قطعتين من الصلب استمدا للاحامهما واحدة مع الأخرى .
- ١٤ — ارسم رسما مبسطا لطريقة اللحام بالمطرقة المستخدمة في لحام عدة فاطمة من صلب العدة في مقبض من صلب منخفض الكربون .
- ١٥ — اشرح كيفية صنع كيات كبيرة من عدد وآلات القطع .

الباب الرابع

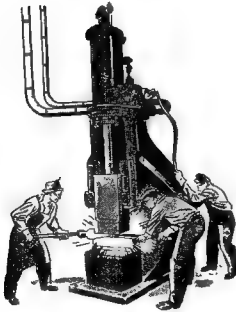
الحدادة بالمطارق الميكانيكية

طريقة الحدادة

حلت الحدادة بالمطارق الميكانيكية محل الحدادة اليدوية في تشغيل وتشكيل المعادن، وخاصة الصلب الذي يحتاج إلى طاقة كبيرة عند تشكيله . وللمطارق الميكانيكية فائدة خاصة في تشكيل قطع الصلب التي تحتاج إلى إنقاص كبير في مقطعها، سواء صلب هذا الانقاص تغيير في شكل المقطع أم ظل على نفس الشكل . والحدادة بالمطارق الميكانيكية تشبه تماما طريقة الحدادة اليدوية، إلا أن المكونات المستخدمة تدار ميكانيكيا بواسطة سير، أو تدار مباشرة باستخدام الهواء أو البخار . وتستعمل قوالب تشكيل بسيطة مسطحة قليلة التكاليف، لتسهيل عملية الحدادة . ويستعمل قالبان يركب أحدهما في الجزء المتحرك من المطرقة أو (رأسها)، ويثبت الآخر في سندان المطرقة التي يحدث الطرق عليه .

وتتلخص طريقة الحدادة السابقة، في تشغيل الصلب على الساخن، وطرقه بين القالين المسطحين . وتعتمد دقة تشكيل الجزء بهذه الحدادة، على مهارة العامل الحداد، وعلى قدرته على تناول المعدن المسخن لاتاج الشكل المطلوب في أقصر وقت قبل انخفاض درجة حرارته . ويلاحظ أن الجزء المشغل بالحدادة، يشكل باستخدام آلات يدوية مناسبة، عندما يكون التشكيل بسيطا غير معقد . ولكن أكثر عمليات التشكيل تتم بالحدادة اليدوية التي يؤديها حداد ماهر . وتنتج الأجزاء المصنوعة بالحدادة في هذه العمليات بمقاسات تقريبية، وتستخدم مكونات التشغيل للتشطيب النهائي عندما تلزم الدقة .

وطريقة الحدادة السابقة مناسبة للإنتاج المحدود، حيث يمكن إتمام شكل المنتج النهائي وحجمه المطلوب باستخدام مكينات التشغيل ومكينات التجليخ. ومن المستحسن اتباع هذه الطريقة عندما تكون أحجام الأجزاء المطلوبة كبيرة، أو تكون غير منتظمة شكلاً، ولا يمكن إنتاجها بطرق الحدادة الحديثة باستعمال قوالب التشكيل المقفلة الدقيقة. وتراوح أوزان منتجات الحدادة الميكانيكية بالمطارق الميكانيكية، فيما بين أجزاء تزن أقل من رطل، إلى مشغولات كبيرة قد يتجاوز وزنها (٢٠٠ طن). وتشغل المطروقات عموماً على مطارق الحدادة البخارية ذات الهيكل المفتوح. أما المكابس الأيدروية فتستخدم في تشغيل المنتجات الكبيرة. ويستخدم بعض الصانع عدد ومعدات صغيرة تسمى (مطارق يدوية) لإنتاج بعض المطروقات الصغيرة البسيطة. ويبين شكل (١) مطرقة ميكانيكية ذات هيكل مفتوح، تستعمل القوالب المسطحة وتعمل البخار.



شكل (١) مطرقة ذات هيكل مفتوح
تستخدم قوالب مسطحة

وتصنع بعض المطارق بهيكل مزدوج لاستخدامها في تشكيل الأجزاء الثقيلة. ويجد بعض كبار المنتجين فائدة في استخدام جميع أنواع المطارق، في عمليات التشكيل المبدئية للمطروقات، قبل تحويلها إلى الشكل النهائي في قوالب التشكيل المقفلة. كما عرفت فائدتها في إنتاج الأجزاء الصغيرة، مثل الأعمدة البسيطة أو الحلقات، التي تحتاج إلى عمليات تشغيل تالية على مكينات التشغيل ومكينات التجليخ لتشغيلها حسب المواصفات.

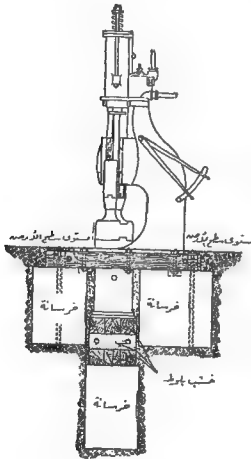
المطارق البخارية

تعمل المطارق البخارية بنظرية المحرك البخاري ، كما هو مبين في شكل (١) . وتشمل أجزاء المطرقة الرئيسية هيكلًا متينًا ، وأسطوانة للبخار ، ومكبسًا وعمود مكبس . وتثبت المطرقة في عمود المكبس فترفع بإدخال البخار من أسفلها . ثم تتساقط المطرقة إلى أسفل بإخراج البخار من أسفل المكبس وإدخاله مرة أخرى أعلاه . وتزيد سرعة المطرقة عند السقوط بفعل الجاذبية الأرضية وبضغط البخار على المكبس معا . ويكون ضغط البخار حوالي ١٢٥,٧٥ رطلا على البوصة المربعة) . ويمكن التحكم في ضربات المطرقة بحيث تعمل بضربات شديدة أو بدقات خفيفة ، وذلك بإدخال البخار من أسفل المكبس في أثناء سقوط المطرقة ، فتمتص الوسادة المكونة من هذا البخار طاقة رأس المطرقة المتساقطة .

وتصنع المطارق الميكانيكية بأحجام مختلفة ، ويتحدد ثقلها بوزن الأجزاء التي تسقط بتساقط المكبس . وهذه الأجزاء هي المكبس والحلقات والعمود والمطرقة وجزء القالب العلوي . ويتراوح وزن المطرقة فيما بين (٢٠٠ رطل و ٥٠٠ رطلًا) حسب حجم ونوع الصلب المطلوب طرقه . ويمكن عمل تقدير سريع لوزن المطرقة في هذا النوع من المطارق ، باعتبار أن أقل ثقل يؤثر على شكل المعدن يعادل (٥٠ رطلا على كل بوصة مربعة) في مقطع الجزء المراد حدادته . فمثلا إذا كان مقطع عمود من الصلب (٥ × ٧ بوصات) يكون أقل وزن للمطرقة المطلوبة ، لتشكيل هذا المعدن هو (٥٠ × ٥ × ٧ = ١٧٥٠ رطلا) . وتستعمل طريقة الحساب السالفة الذكر لتقدير الوزن التقريبي للأوزان المتساقطة في هذا النوع من الحدادة فقط . أما عملية حساب الأوزان المتساقطة على الحدادة باستخدام قوالب التشكيل المغلفة ، فإنها أكثر تعقيدا من ذلك .

وتسمى المطرقة البخارية ذات الهيكل المفتوح المبين في شكل (١) مطرقة بعقد واحد ، وتثبت أسطوانتها في هيكل على شكل نصف عقد . وقد ذكرنا

فما سبق أن هذا النوع من المطارق هو أكثرها استعمالاً في الحداثة الميكانيكية . ويجب أن يكون للمطرقة البخارية أساس متين مثبت في الأرض إلى عمق كبير ، إذ أن رد فعل المطرقة تمتصه مكنة الطرق وأسامها . ويلزم في بعض الأحيان إرساء أساسات المطارق الكبيرة على فرش صخرى . وبين شكل (٢) أساس الهيكل والسندال في مطرقة بخارية هيكلها مفرد . وتحمل المطرقة ذات الهيكل المفرد دعامتان ، بينما يرتكز السندال على دعامة ثالثة منفصلة .



شكل (٢) أساس الهيكل والسندال في مطرقة بخارية هيكل مفرد

والمطارق الصغيرة لها سندال وهيكل مصبوبان في وحدة واحدة ، ولكن المطارق الكبيرة لها سندال منفصل ، يصنع من الحديد المسبوك (الزهر) ، ويرتكز على أساس عميق منفصل . والهيكل مصنوع من سبيكة من الحديد المسبوك (الزهر) . وتصنع أجزاؤها المتحركة مثل عمود المكبس من الصلب السائلكي ، ويكون السندال عادة أثقل ٢٠ مرة من وزن الأجزاء المتساقطة . فمثلا مطرقة وزنها ١٢٠٠٠ رطل يكون سندالها مناسباً إذا كانت وزنه ٢٤٠٠٠ رطل .

وتصنع قوالب التشغيل بالمطارق البخارية من أنواع خاصة من الصلب

السائلكي ، ويقاوم هذا النوع من الصلب تأثير درجات الحرارة العالية التي تسخن إليها المطروقات التي تشغل بالحداثة . كما يقاوم هذا الصلب الضربات والصدمات

العنيفة التي تحدث بين المطرقة والسندان . وتفكك هذه القوالب على مكينات التشغيل ، ثم تصاد وبعد ذلك تخلص إلى مقاساتها النهائية بدقة .

وتستخدم المطارق البخارية الصغيرة بنجاح في تشغيل أشكال مختلفة من المطروقات . وهذه المطارق الصغيرة مناسبة جدا لتشكيل آلات القطع والتشكيل وأدواتها ، وكذلك للحام وآلات القطع وما يشابهها . ويناسب الطرق بالمطارق البخارية الكبيرة ، أشغال الحدادة الثقيلة لتشكيل قطع الصلب السبائكي ، وكتل صلب العدة ، إلى قضبان وشبكات تمهيدا لدرفلتها أو تشكيلها بالمطارق المتساقطة . وتشغل بالمطارق البخارية الكبيرة . أجزاء المدافع ، وكذلك أعمدة مرفق محركات الديزل ، وأعمدة التوصيل الكبيرة وغير ذلك من الأجزاء الأخرى الثقيلة والكبيرة ويبين شكل (٣) مطرقة بخارية بهيكل مزدوج في أثناء التشغيل بها ، ويلاحظ أن أسطوانة البخار في هذه المكنة ، مثبتة في وضع يجعلها في محور عقد كامل .

المطارق التي تعمل بالهواء المضغوط

ويستخدم الهواء المضغوط بدلا من البخار في تحريك المطارق الصغيرة . ويتراوح ضغط الهواء المضغوط المستعمل في إدارة هذه المطارق بين ١٠٠ و ١١٠ أرطال على البوصة المربعة . ولاستعمال المطارق التي تعمل بالهواء المضغوط مزايا أكثر من مزايا استخدام المطارق البخارية ، وتتلخص هذه المزايا فيما يلي :

١ - لا تتساقط قطرات المياه على القوالب المصنوعة من الصلب وغيرها والأجزاء الهامة الأخرى ، لأن تساقط المياه على الصلب يشدخه ، وذلك زيادة عن أضرار عديدة أخرى .

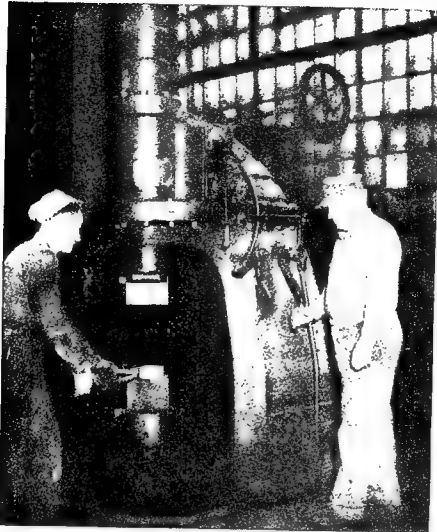
٢ - لا يلزم المطارق التي تحرك بالهواء المضغوط تغيير حشوات التمرير (الجلاندات) في حين أن ذلك لازم في حالة المطارق البخارية التي لا يمكن استعمالها فترات زمنية طويلة ، دون استبدال هذه (الجلاندات) . وهذه عملية تكاليفها عالية .



شكل (٣) مطرقة بخارية بهيكل مزدوج

٣ - المطارق التي تستعمل منفردة ، وتعمل بالهواء المضغوط ، يمكن تشغيلها وحدها منفردة ومنفصلة عن باقي المطارق والمعدات المشتركة بينها . ويصنع كثير من هذه المكونات المنفردة بحيث تكون المطرقة ومكبس الهواء في وحدة واحدة ، وتعمل هذه الوحدة مستقلة دون الحاجة إلى غيرها من المكونات .

ويبين شكل (٤) مطرقة تعمل بالهواء المضغوط ، بحرك كهربائي في أثناء التشغيل . وهيكل هذه المطرقة متناسب ، ويتسع بالتدرج من مكان الأسطوانة من أعلى إلى القاعدة في أسفل المطرقة . وتصب القاعدة عادة مع الهيكل .

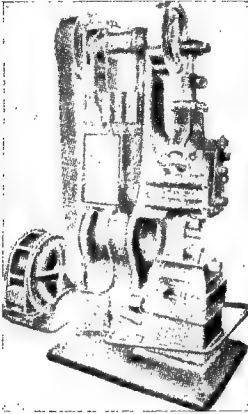


شكل (٤) مطرقة تعمل بالهواء المضغوط أثناء التشغيل بمحرك كهربائي
وهذا التصميم يزيد في جساء المطرقة ، كما أن الأجزاء المتحركة التي منها المحرك
مثبتة في الهيكل . وهذه المطرقة مصممة في وحدة واحدة تشتمل على المطرقة ومكبس
الهواء معا . ويكون الهواء الذي يدخل هذه المطرقة في نفس درجة حرارة الهواء
الذي في المكبس ، وبذلك يكون تمدد الهواء أقرب ما يمكن للتمدد المثالي وهكذا
تنتقل كل الطاقة المولدة في المكبس تقريبا .

المطارق الميكانيكية الصغيرة

تصمم المطارق الميكانيكية الصغيرة لأعمال الحدادة الخفيفة . وهذه المطارق

بأنواع مختلفة ، ولكن معظمها يعمل ميكانيكيا . وبين شكل (٥) مطرقة ميكانيكية



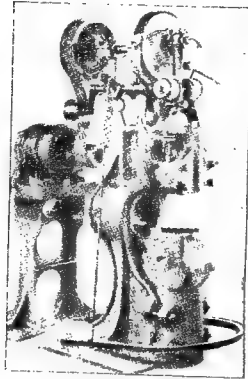
صغيرة تعمل بوساطة مرفق (كرانك) يمكن ضبطه وعمود موصل ، متصل بالمرفق (بالكرانك) الذي ينقل الحركة إلى رأس المطرقة . ويستعمل زمبرك لولبي ثقيل ، لتصبح طرقاتها مرنة تمنع انكسار المطرقة ، كما تمنع تولد الصدمات الثقيلة في المطرقة .

وبين شكل (٦) مطرقة ميكانيكية من نوع آخر ، بنيتها صغيرة تشغل مساحة قليلة . ويثبت المحرك عادة

في قاعدة منفصلة ، فلا تتأثر

شكل (٥) مطرقة ميكانيكية صغيرة

باهتزازات المطرقة، وكذلك لا تتأثر الأجزاء الكهربائية وتتوافر لها السلامة خلال أطول مدة ممكنة . وتكون ضربات المطرقة قوية ومرنة إذا صممت الأجزاء المتحركة بدقة . هذا وتستعمل وسادات من الكاوتشوك لمنع الارتجاج العنيف والصدمات المفاجئة فيقل التآكل فيها . ولتصميم هذا النوع من الممكنات ميزة أخرى هامة . فاستبدال الزنبركات المصنوعة من الصلب ، بوسادات من الكاوتشوك يقلل احتمال حدوث إصابات من الأجزاء التي عساها أن تتطاير في أثناء الطرق على المعدن . وتحرك هذه المطرقة بتوصيل رأسها بالمرفق أو بالكرانك . ويمكن التحكم في طول مشوارها بتغيير وضع محور المرفق (الكرانك) في مشقيبته، التي في عجلة التوازن كما هو مبين في الشكل . وبتغيير وضع هذا المحور ، يطول المشوار أو يقصر حسب الطلب .

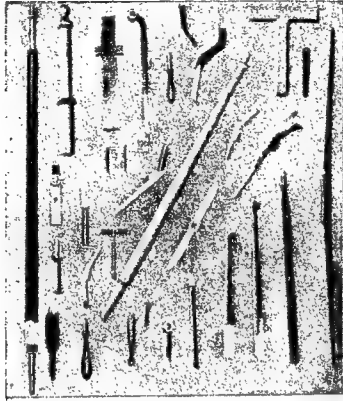


شكل (٦) مطرقة ميكانيكية بأمتها صغيرة

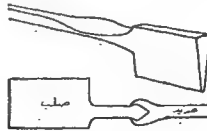
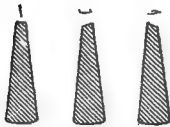
وفي بعض الأحيان يلزم التشغيل طرقات قصيرة سريعة ، بينما في أحيان أخرى يلزم طرقات طويلة المشوار . ويبين شكل (٧) بعض الأشكال التي يمكن إنتاجها بالحدادة على مطارق ميكانيكية صغيرة .

عمد وأدوات المطارق الميكانيكية

تعتمد جودة نتائج الحدادة الميكانيكية كثيرا على العدد والأدوات المستخدمة . ويبين شكل (٨) مقطعا على الساخن ، يستخدم مع المطارق الميكانيكية . وفي بعض الأحيان يصنع المقبض والحد القاطع من قطعة واحدة من صلب العدة ، كما هو مبين في الشكل . وأحيانا يصنع الحد القاطع من صلب العدة ، ويلحم في يد من الحديد ، كما هو مبين في الشكل . ويجب أن يقلل مقطع اليد بالقرب من الحد القاطع ليصبح مرنا حتى يطاوع قليلا عند الطرق على المقطع بالمطرقة .



شكل (٧) بعض الأشكال التي يمكن إنتاجها بالمادة على مطارق ميكانيكية صغيرة
يجب أن يشكل الحد القاطع في آلة القاطع ، بحيث يتناسب مع العملية التي
ستستخدم فيها . ويجب أن يكون طرف الحد القاطع مستويا غير مستدير ، كما هو
مبين في (١) من شكل (٩) . وفي بعض الأحيان يمكن أن يكون الطرف منحرفا
قليلا ، كما هو مبين في الجزء (ب) والجزء (ج) من شكل (٩) .



شكل (٩) أشكال الحد القاطع في عدد القاطع

شكل (٨) مقطع على الساخن

وبين شكل (١٠) مقطعاً على البارد ، يستخدم في قطع أو حز قضبان غير مسخنة . ويصنع المقطع بارتفاع أقل من عرضه ، وبهذا يصبح للمقطع قوة تقاوم الضربات الثقيلة في أثناء عملية الحدادة .



شكل (١١) مقطع مصمم لقطع الأركان

شكل (١٠) مقطع على البارد

وبين شكل (١١) مقطعا مصمما بقطع الأركان ، وهناك عدد مشابهة يمكن استعمالها في الأشكال المنحنية أو الأشكال غير المنتظمة .



يبين شكل (١٢) الطريقة

المستعملة في قطع المعدن الساخن .

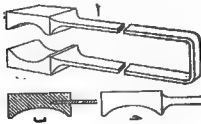
وبين الجزء (أ) كيفية قطع

الجزء باستخدام مقطع مناسب

شكل (١٢) طريقة قطع المعدن الساخن

إذ تقلب القطعة المشغلة ، ويوضع فوقها مقطع مشابه ثم تضرب ضربة ثقيلة سريعة على المقطع ، لقطع الجزء الرفيع من المعدن ، كما هو مبين في الجزء (ب) . وبهذه الطريقة تصبح كل من النهايتين نظيفة ناعمة .

والعدد والأدوات المستعملة في تشكيل المعادن باستخدام المطارق



شكل (١٣) عدة تدوير المقاطع تستعمل في التشغيل بالمطارق الميكانيكية

الميكانيكية بسيطة ورخيصة . وتستخدم

آلة استدارة المقاطع كثيرا . وبين

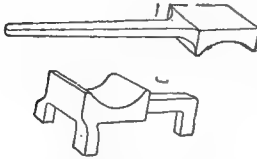
شكل (١٣) بعض العدد والأدوات

المستخدمة في تشطيب الأجزاء إلى

قطر مقداره ٤ بوصات . وبين الجزء

(أ) العدة بأكملها .

وتصنع أيدي هذه العدد من سيقان مرنة مصنوعة من قطعة واحدة مع قوالب التشكيل ، كما هو مبين في الجزء (ج) ، أو من جزء يثبت من الداخل في القالب كما هو مبين في الجزء (ب) ، وتسمى هذه العدد والأدوات عدد وأدوات بأيدي مرنة .



شكل (١٤) عدد تدوير المقاطع تستخدم فوق السندان

وبين شكل (١٤) تصميم آخر لعدد وأدوات تستدير المقاطع بها . وبين الجزء (أ) جزءها العلوي ، وفي (ب) جزءها الأسفل . وتثبت عدد استدارة المقطع هذا في سندان له ثقب مربع على سطحه .

فيدخل الجزء في الثقب ، بينما يرتكز الجزء الآخر البارزان الآخران على سطح رأس السندان .

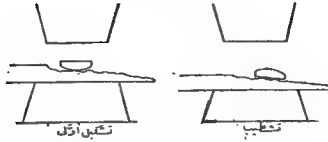
وبين شكل (١٥) عدة استدارة المقاطع (بلص ملفوف) ، يستخدم مع المطارق الميكانيكية لتشكيل المقاطع المستدقة (المساوبة) . ولما كان سطح



شكل (١٥) أداة تشكيل تعمل مع المطارق الميكانيكية لتشكيل الأسطح المائلة

السندان و سطح قالب المطرقة متوازيين ومستويين ، يجب استعمال عدد وأدوات كالمبينة في الشكل لتشطيب القطع التي لها سطوح في مستويات مائلة .

وبين شكل (١٦) طريقة تشكيل الأسطح المائلة ، باستعمال عدد وأدوات تناسب الحال . وتستخدم أداة التشكيل و سطحها المستدير متجهاً إلى أسفل في عمليات التشكيل الأولية . وعند التشطيب يجب أن يكون سطحه المستوى متجهاً إلى أسفل . وسواء أكان الطرق باليد ، أم بوساطة مطرقة ميكانيكية ، فإن استخدام هذه الأداة يحتاج إلى مهارة يدوية كبيرة .

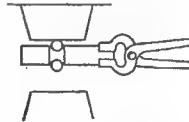


شكل (١٦) طريقة تشكيل الأسطح المائلة

ويبين شكل (١٧) طريقة استعمال قضبان مستديرة المقطع لعمل مجار أو حوز في القطع المشغلة بالمطارق البخارية . وتستعمل هذه الأدوات بدلا من آلات التشكيل المألوفة ، لأن شكلها أنسب لعمل المجارى في القطع المشكلة بالحدادة اليدوية . ويستعمل قضيب واحد ، إذا كان المجرى المطلوب في ناحية واحدة . ولوضع الأداة في المكان المضبوط بالنسبة للقطعة السفلى قبل الطرق أهمية كبيرة . ويبدأ التشغيل بطرقات خفيفة من المطرقة ، حتى يمكن للأداة الارتكاز على القطعة ارتكازا تاما ، ثم يوالى الطرق المتصل لإتمام العمل المطلوب .



شكل (١٨) خطوات إعادة ترتيب القطعة المشغلة



شكل (١٧) استعمال قضبان مستديرة المقطع لعمل المجارى والحوز

ويبين شكل (١٨) خطوات العمل لإعادة المقطع المربع للنتج . ويلزم إجراء هذه العملية ، عندما ينحرف الجزء إلى جانب من الجوانب ، أو يحدث فيه أى تغيير يخالف للشكل المطلوب ، كما هو مبين في الجزء (أ) . ويصحح هذا الخطأ بوضع القضيب المعوج تحت المطرقة ، ويشكل كما هو مبين في الجزء (ب) . ثم يدار الجزء في الاتجاه المبين بالسهم حتى يصبح مطابقا للشكل (ج) . ثم يشكل القضيب إلى الشكل المبين في الجزء (د) وهو الشكل النهائى المطلوب .

أسئلة للمراجعة

- ١ - أشرح بإيجاز طريقة الحدادة اليدوية .
- ٢ - ما هي القوالب البسيطة المسطحة ؟
- ٣ - أشرح عمل المطارق البخارية .
- ٤ - أوجد وزن المطرقة البخارية ، التي تناسب تشكيل معدن يزنمه (٥٠ رطلا) على البوصة المربعة ، من مقطعه الذي يساوى (٦ × ٨) إذا استعملت قوالب مسطحة في تشكيله .
- ٥ - أوجد وزن السندان في مطرقة بخارية مقدرتها ١٠٠٠٠ رطل .
- ٦ - أشرح بإيجاز طريقة عمل المطرقة التي تعمل بالهواء المضغوط .
- ٧ - ما هي الميزات الأساسية في استعمال المطارق التي تعمل بالهواء ، بدلا من استعمال المطارق البخارية ؟
- ٨ - أشرح طريقة عمل مطرقة ميكانيكية صغيرة .
- ٩ - أذكر بعض أسماء الأدوات والعدد المستعملة مع المطارق الميكانيكية .
- ١٠ - أرسم مجموعة من الأدوات التي تستعمل في المطارق الميكانيكية لاستدارة المقاطع .
- ١١ - بين بالرسم طريقة استعمال قضيب مستدير المقطع في عمل مجار أو حوز في قطعة ما باستعمال المطارق البخارية .
- ١٢ - بين بالرسم طريقة استعادة تربع المقطع في قطعة تحت التشغيل، حدث فيها اعوجاج أثناء عملية الحدادة .

الباب الخامس

الحدادة بالطرق المتساقط

أساليب الحدادة بالطرق المتساقط

تجرى عملية الحدادة بهذه الوسائل ، بطرق قضبان أو كتل من الصلب أو من معادن أخرى ، بعد تسخينها بين قوالب تشكيل من النوع المقفل . ويشكل المعدن بهذه الطريقة وهو في حالته العجينية في قوالب تشكيل . وهذه مصنوعة بكل دقة ، بمكنات التشغيل والتجليخ . فتخرج الأجزاء المطلوبة من القوالب في الشكل والحجم والأبعاد المطلوبة . وتدمج ضربات المطرقة المتلاحقة التكوين الجيبي في القضيب أو في الكتلة ، كما تحسن خواص المعدن الفيزيائية . ويظهر هذا التحسن في المعادن المشغلة بالحدادة ، وخصوصاً الصلب ، الذي يشغل على عدة مراحل حدادة متوالية ، تبدأ بالعمليات الأولية ، وتنتهى بالوصول إلى الشكل النهائي المطلوب في آخر مرحلة .

وتستخدم وسيلة الحدادة بالطرق المتساقط على قوالب التشكيل ، في إنتاج أجزاء تتراوح فيما بين وزن أقل من أوقية واحدة ، ومئات من الأرتال . وتشمل المعادن التي يمكن تشكيلها بهذه الوسيلة ، كل أنواع السبائك العجينية من مركبات الحديد والصلب ، وكذلك للصلب السبائكي ، والصلب الذي لا يصدأ ، وكذلك النحاس الأصفر ، والبرنز ، وكثير من سبائك الألومنيوم والمنغنسيوم . كما تشكل قضبان الصلب وكتله بالحدادة إلى أشكال عديدة ، منها أجزاء هامة في السيارات والطائرات وعربات السكك الحديدية والمحركات وآلات الزراعة ، وغير ذلك من اللوازم المنزلية .

ويمكن حداثة كثير من المعادن بهذه الوسيلة ، إلا أن الصلب من أنسب المعادن ، وخصوصا عندما يصبح لدينا (عجينا) إثر رفع درجة حرارته . ويمكن إنتاج كميات كبيرة من الأجزاء المتماثلة بجودة عالية ، على أى شكل يسمح بإخراجها من قوالب التشكيل . وليس من الضروري في هذه العملية التقييد بإنتاج عدد كبير من هذه الأجزاء ، إذ يمكن حداثة عدد قليل منها اقتصاديا ، وخصوصا عندما يقتصر الغرض الأساسي من الحداثة على تحسين الخواص الفيزيائية وبتعداده لغرض تشكيل المنتج أيضاً . لذلك يتراوح عدد المنتجات فيما بين عدد قليل جداً ، إلى عدة ملايين من الأجزاء المتماثلة . ولا يمكن حصر أنواع المنتجات المختلفة الحجم والشكل ، التي يمكن إنتاجها بهذه الطريقة . ولا يمكن القطع بأن جزءا ما ، لا يمكن تشكيله بالطرق المتساقط ، إلا إذا درست جميع احتمالات ذلك بعناية ودقة . وتتكون المعدات اللازمة لإجراء عملية الحداثة أساسا ، من مطرقة تطرق بالتساقط ، أو من مطرقة تعمل بالبخار ، ومن مجموعة من قوالب التشكيل المجهزة لإنتاج معين . ومن المطارق المتساقطة ، مطرقة تسمى مطرقة بلوح . إذ يثبت رأس المطرقة الذي يحمل جزء قالب التشكيل العلوى في ألواح من الخشب الصلب ، تمرر بين مجموعات من أسطوانات دوارة في الجزء العلوى من المطرقة . وتضغط هذه الأسطوانات على الألواح ، فيرتفع الرأس ومعه جزء قالب التشكيل العلوى إلى أعلى موضع . فاذا فصل العامل الأسطوانات عن اللوح ، يتساقط الرأس بالجاذبية فتحدث الطريقة المطلوبة . وتحدث هذه الطريقة من سقوط الرأس وعليها جزء قالب التشكيل العلوى ، بتأثير الجاذبية الأرضية . فتقع على جزء قالب التشكيل الأسفل الثابت . وفي هذا الباب من الكتاب وصف مفصل للمطرقة ذات اللوح .

ويمكن استعمال هذه الطريقة في إنتاج أى جزء له أى شكل هندسى يشترط فيه أن يمكن سحبه أو إخراجها من قالب التشكيل . ويمكن تشكيل أى معدن بهذه الوسيلة ، بشرط توافر خاصية المدونة (المعجونة) والليونة ، سواء أكان

الطرق على البارد أو على الساخن . والصلب المسخن لدرجة اللدونة (المعجونة) ، أكثر المعادن المستخدمة في الحدادة .

مميزات منسجات الحرارة بالطرق المتساقط على قوالب

يعتمد اختيار طريقة الحدادة بالطرق المتساقط لإنتاج جزء معين ، على واحد أو على عدة عوامل أساسية ، يمكن تقيمها حسب الترتيب الذي اقترحه شركة .

وهذه العوامل هي :

- ١ - الحصول على أكبر مقاومة للإجهادات .
- ٢ - إنقاص وزن الجزء المشطب إلى أدنى حد .
- ٣ - زيادة المقدرة على تحمل إجهادات غير محسوب لها حساب .
- ٤ - تقليل كمية التشطيب بالمكائن إلى أدنى الحدود .
- ٥ - الاقتصاد في المعدن .
- ٦ - إقصاء العيوب الداخلية .

إذا اعتبرنا أثر العامل الأول ، فإن الجزء المصنوع بالحدادة بالطرق على قوالب التشكيل ، يصبح أكثر قوة واحتمالا من الجزء المسبوك الذي له نفس المقطع . ولهذا يمكن تصميم الأجزاء المشغلة بهذه الطريقة بمساحات مقطع أقل كثيرا من الطريقة الأخرى . وهذا يقلل من كمية المعدن المطلوبة ، وبذلك تقل تكاليف الإنتاج .

وإذا أخذنا العامل الثاني في الاعتبار ، نجد أنه إذا قارنا أجزاء مصممة لتتحمل إجهادات معينة ، تفعل بطرق مختلفة ، فإن الأجزاء المشغلة بحدادة الطرق المتساقط ، تكون أصغر حجما وأقل وزنا . ومن ثم تتطلب جزء مشغل ، قوة تحمل كبيرة ، مع لزوم خفة وزنه ، فتصبح بذلك طريقة الحدادة المتساقطة أنسب الطرق .

الحبيبات



تشكيل بالساكن
لديوهيد انسياب هبيبي



تشغيل بالمكناات
انسياب هبيبي غير مستمر



تشكيل بالمرادة
انسياب هبيبي صحيح

انسياب هبيبي



مقطع من عمود مرفوع أظهرت لكشف عنه انسياب البنية

شكل (١) مقارنة انسيابات حبيبات البنية

وبالنسبة للعامل الثالث ، ينساب معدن الجزء المصنوع بالحدادة ، وهذا الانسياب يرتب حبيبات البنية ترتيبا مناسباً للطلوب من الجزء . وترتيب البنية هذا ، أو انسياب الحبيبات ، يتحكم في كثافة المعدن ، ويرتب مستويات انزلاق الحبيبات ترتيبا يزيد من مقاومتها للإجهادات المفاجئة . وبهذا يمكن لها أن تتحمل أحمالا مفاجئة أعلى بكثير من تلك التي صممت لمواجهتها . وبين شكل (١) انسياب الحبيبات في ثلاثة مشغولات متماثلة ، صنعت بثلاث طرق مختلفة : وهي السباكة ، وبالتشغيل على المكناات ، وبالحدادة . وبين الشكل الأسفل مقطعا في عمود مرفق (كرنك) ، أظهرت بنيته لكشف عن انسياب البنية في المادة .

وبالنسبة للعامل الرابع ، بمقارنة جزء شغل بالحدادة ، بجزء آخر مماثل شغل

بالسباكة نرى أنه يمكن إنقاص مقدار التفاوت المسموح به في الأبعاد أو مقاسات الجزء المشغل بالحدادة ، عن مثيله المشغل بالسباكة في قوالب الرمل . وليس من الضروري ترك أى تسامح في الأبعاد ، لمواجهة الاعوجاج عند التشغيل بالحدادة ، على عكس الحال في السباكة . وبهذا تقل كمية المعدن التى يلزم ازلتها بالمسكنات ، للوصول إلى الأبعاد النهائية ، التى تجرى من أجلها عمليات التشطيب . مع هذا ، يجب أن يكون مفهوماً أن كثيراً من المنتجات ، تشغل بالسباكة في قوالب من الرمل ، وتكون أكثر اقتصاداً منها إذا شغلت بالحدادة المتساقطة ، التى تستلزم استخدام قوالب تشكيل مقفلة . ومثل هذه المنتجات ، لا يلزم فيها خواص فيزيائية تستولد من التشغيل بالحدادة بقوالب التشكيل . وذلك ناشئ من ارتفاع تكاليف المعدات والمسكنات والقوالب ، التى تستعمل أساليب الحدادة ، ويستغنى عنها في عمليات السباكة في قوالب الرمل . وإذا كان عدد الأجزاء المطلوبة صغيراً ، تصبح عملية السباكة في الرمل أقل تليفاً منها في التشكيل بالحدادة ، لأن تكاليف المعدات اللازمة للسباكة في الرمل ، قليلة نسبياً . وهذا الاقتصاد في تكاليف المعدات ، يعادل ويزيد تكاليف اليد العاملة في عمليات السباكة في الرمل وكذلك في تكاليف التشغيل الإضافى اللازم أدائه بعد عمليات السباكة .

وبالنسبة للعامل الخامس ، فإن كمية التشغيل بالمسكنات التى تلزم لتشطيب الجزء بعد عمليات الحدادة المتساقطة قليلة ، إذا قورنت بمثيلاتها التى تلزم لتشغيل الجزء من خامات مثل الأعمدة والقضبان المعدنية ، أو من مسبوكات شكلت في الرمل . كما تقل كمية المعدن العادم أو المضيع المزال بالتشغيل المذكور . وزعانف منتجات الحدادة المتساقطة صغيرة ، إذا قورنت بزوائد السباكة ومصباتها . والزعانف هى كمية المعدن التى تخرج بعد تطابق جزئى قالب التشكيل ، بعد امتلاء فراغ القالب ، وتخرج في شكل زوائد رفيعة .

وبالنسبة للعامل السادس ، فإن منتجات الحدادة المتساقطة ، تصنع دائماً من قضبان معدنية . وبهذا لا تنتج في الجزء البخينة التى توجد كثيراً في المنتجات

المصبوبة . وتسبب العيوب الداخلية في المصبوبات رفضها وإرجاعها خردة ، عندما تكتشف هذه العيوب في أثناء التشغيل بالمكنات ، وعندما لا تكتشف هذه العيوب في أثناء التشغيل أو التشطيب النهائي ، فإن هذا قد يسبب إنكسارات متمثلة في أثناء الاستعمال .

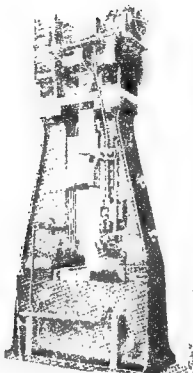
فحص الخامات التي تستعمل بالحداوة :

أول خطوة في تشغيل قطعة بالحداوة المتساقطة ، هو فحص قطعة المعدن التي يقصد تشكيلها بالحداوة ، للتأكد من جودتها . والصلب المخصص للتشغيل في قوالب التشكيل ، هو أكثر المعادن المستخدمة في صناعة الحداوة . ويدقق المنتجون عند اختيارهم للصلب الخام اللازم لتشغيل معظم منتجاتهم بالحداوة ، فينتجون أجود الأنواع باختيار نوع راق من الصلب .

ولا يمكن تبرير تكاليف تصميم وصناعة قوالب التشكيل بالحداوة ، إلا إذا استخدمت في تشكيل معادن عالية المرتبة . وتدخل عادة هذه المعادن ، وأهمها الصلب في قسم الدرفلة في الهيئة والحجم المناسبين ، وتكون من كتل صلب عالية المرتبة . ويجب أن يطابق الصلب مواصفات كيميوية وفيزيائية ، تحدد لتناسب الاستعمال الذي سيتعرض له الجزء المشكل بالحداوة . ويلزم عند فحص صلب الحداوة ، التحقق من أن سطحه ممتاز ، وبنيته خالصة وخالية من العيوب . ويشمل هذا الفحص عادة التحليل الكيموي ، وفحص السطوح واختبارها باظهار بنيتها ، بمعالجتها بحامض ساخن ، وكذلك اختبارات تطبيع الكبريت واختبارات مقاومة القص ، وغير ذلك من الاختبارات الفيزيائية . ويتوقف بطبيعة الحال ، نوع هذه الاختبارات الكيموية والفيزيائية ودرجة دقتها وتركيبها ، على نوع التشغيل المطلوب ، وعلى ما سيعرض له الجزء عند الاستعمال . وفي المنتجات عالية الرتبة ، تشمل الاختبارات الفيزيائية ، اختبارات الشد واختبارات الصلادة ومقاومة الصدمات واختبارات الحداوة . وتأتي هذه الاختبارات إيجابية قاطعة ، يتقرر على ضوءها قبول الصلب أو رفضه لتشغيله بعمليات الحداوة .

المطارق المتساقطة :

مطارق الحدادة المستعملة ، أمان النوع الذى يعمل بالجاذبية الأرضية، أو من نوع المطارق المتساقطة البخارية ، وهما متشابهان من الناحية الانشائية . ويتكون كل من هذين النوعين ، من هيكل متين ، وسندال ثابت ، ورأس متحرك ومصدر للطاقة وأجهزة إدارة الآليات المحركة . وتشمل أهم المهام الإضافية لكل مكنة ، قوالب تشكيل من النوع المقفول ، التى يشكّل المعدن المطروق إلى الهيئة النهائية المطلوبة . ويثبت أحد جزئى القالب فى الرأس المتحرك ، كما يثبت الجزء فى السندال الثابت . وتشتمل المطرقة نفسها على الوزن الكلى للأجزاء المتحركة ، وهى الرأس وجميع الأجزاء الموصلة والقالب العلوى . وتقاس سعة أو قوة ضربة المكنة بوزن المطرقة . وهو الوزن الكلى لجميع الأجزاء المتحركة . وتمتص المكنة وأساسها إلى درجة كبيرة الضربة المفاجئة التى تلقيها المطرقة . ويجب تثبيت أساس المكنة فى الأرض إلى عمق كبير، وخصوصا عند استعمال المطارق الكبيرة والثقيلة. والمطارق المتساقطة باللوح ، أكثر أنواع مكنات الحدادة المتساقطة، التى تعمل بالجاذبية . ويثبت الرأس الذى يحمل القالب العلوى فى لوح من الخشب الصلب ، ويمر بين مجموعات من الأسطوانات تدور فى أعلى المطرقة . وتضغط الأسطوانات على الألواح ، فيرتفع الرأس والقالب العلوى إلى ارتفاع معين ، فيفصلها العامل ، فتلقى الضربة المطلوبة . وتنتج هذه الضربة من سقوط الرأس ومعها القالب العلوى تحت تأثير الجاذبية الأرضية ، على القالب السفلى الثابت . وتتوقف قوة الرأس على وزن الرأس ، وعلى الارتفاع الذى سقط منه . وهناك نوع آخر من المطارق ، تعمل بالجاذبية، ويستخدم فيها الهواء المضغوط أو البخار من جهة واحدة ، بدلا من الألواح فى رفع الرأس والقالب العلوى . ويبين شكل (٢) مطرقة متساقطة باللوح ، لإنتاج شركة « إبرى » . والمكنة مستقلة بذاتها ، وكل أجزائها الرئيسية من الصلب ، وتدار بمحرك كهربى عن طريق تروس مغطاة تماما . وستوصف هذه المكنة توصيفا كاملا فيما بعد .

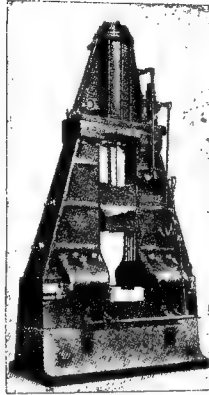


شكل (٢) مطرقة متساقطة بالهوا

وتعمل المطرقة المتساقطة البخارية بواسطة البخار ، في إسطوانة ثنائية (بخار من أعلى ومن أسفل) على الرأس المثبت فيه قالب التشكيل العلوى . ويمكن بهذه الطريقة رفع الرأس والقالب وزيادة قوة الضربة ، كما يمكن أن يتحكم العامل في قوة الضربة على القالب السفلى ، من طرف خفيفة ، إلى أقصى قوة يلقها الرأس المسير بالبخار . ويمكن رفع الرأس والقالب بواسطة أسطوانة ثنائية في أعلى المطرقة تعمل بالهواء المضغوط .

ويمكن استخدام الهواء بدلا من البخار في التحكم في قوة الضربة . وتنتج من المطارق المتساقطة التي تعمل بالجاذبية ، ضربة تتوقف على وزن الرأس والقالب . ويمكن التحكم في ضربات المطارق المتساقطة التي تعمل بالهواء المضغوط في اسطوانة ثنائية ، بحيث تتراوح فيما بين طرقات خفيفة جدا ، طرقات في منتهى القوة .

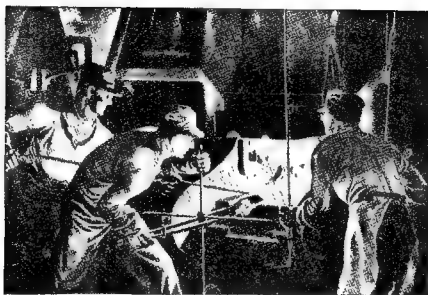
وبين شكل (٣) مطرقة بخارية قدرتها ٣٠٠٠ رطل من إنتاج شركة « إبرى » ويتحكم جهاز التحكم في البخار في فتحة صمامة ، عن طريق دواصة المطرقة . وبذلك ينظم طول المشوار العاطل ويولد طرقه حسب الطلب ، ويمكن غلق مصدر البخار عن المطرقة عن طريق صمام التحكم ، بحيث تنزل الرأس عدة مرات بهودة ، حتى يتلامس القالبان ، في فترات متواليات قصيرة حسب الطلب . وفي المطارق الكبيرة ، يكون وزن المعدن من الثقل بحيث يلزمه شخص لتحريكه ، في الوقت الذي يقوم فيه شخص آخر بالتحكم في المطرقة عن طريق روافع ، تحرك باليد بدلا من الدواصة . وفيما يلي وصف لهذا النوع :



شكل (٣) مطرقة بخارية

قوالب التشكيل المقلدة

تصنع القوالب المستعملة في عمليات المطارق ذات الألواح أو المطارق البخارية من نوع على الجودة من الصلب الكربوني ، أو الصلب السبائكي ، بأحجام مناسبة لاجراء عمليات التشكيل بالمكائن . فتشغل الأسطح المستوية ، ثم تشغل الخامة بدقة ، حتى يتخذ الفراغ الناتج شكل الجزء المطلوب ، ثم تعامل الخامة بعد ذلك حراريا . وفي كثير من الأحيان ، يشطب الجزء إلى المقاسات المطلوبة بالتجليخ والتلميع . ويحدد عدد التشكيلات (الفراغات) في مجموعة من القوالب ، بشكل وحجم القطعة المنتجة ، وكذلك بالعدد المطلوب تفكيكه منها . ويبين شكل (٤) طريقة صنع عمود مرفق (كرنك) بالحدادة المتساقطة وقوالب التشغيل المقلدة .



شكل (٤) الحداذة بقوالب التشكيل المتفولة

ويلزم لعملية الحداذة زوجان من القوالب ، يثبت أحدهما في السندان ، والآخر في الرأس . وتفعل هذه القوالب إلى الشكل المطلوب في مكثات غصصة لتشكيل القوالب ، وتصنع صالحة للاستعمال بعد معاملتها حراريا ، لتصليدها ثم تجليخها . وتسخن قطع الصلب المطلوب تشغيلها إلى درجة (٢٢٠٠ ف°) قبل إجراء عملية الحداذة ، ثم تضغط بين قوالب التشكيل المختلفة . ويتوقف عدد التشكيلات ، أو خطوات الضغط بين القوالب ، التي يتم فيها تفكيك المعدن الساخن ، على شكل المنتج النهائي .

وبين شكل (٥) التشكيلات أو الخطوات الناتجة من زوجي القالب المستخدم في إنتاج ذراع توصيل لمحرك .

ويطلق على التشكيلات الأولى في القالب ، المبينة في شكل (٥) ، عمليات تطريق وتعديل . وتفعل الخامة في هذه القوالب إلى الشكل التقريبي . وهذه العمليات في الواقع عمليات إعداد . ويتشكل الجزء نهائيا في العمليات التالية ، حيث يتحدد شكله وهيئته في قوالب ضغط تعتبر عملية تالية ، في قوالب تشطيب ، حيث يأخذ



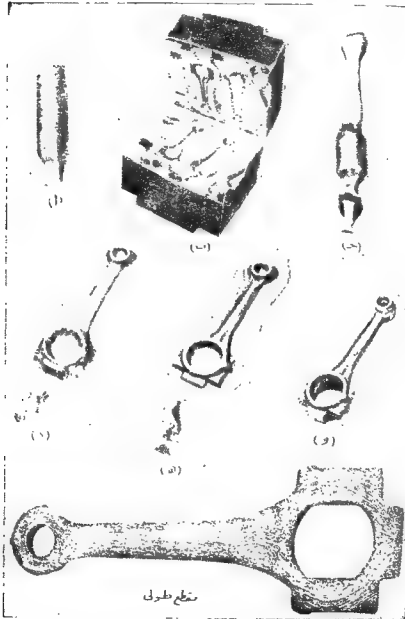
شكل (ه) القالب المتصل في حدادة ذراع توصيل

الجزء شكله النهائي . ويخرج ما يزيد من معدن الخامة عن حجم الجزء المضبوط من مجرى أو فراغ الزوائد أو الزانف . وهو فراغ مخصص في القالب لهذا الغرض . ويصبح هذا المعدن الزائد زائفاً تزال بالضغط في مكابس ميكانيكية وقوالب خاصة ، لقطع هذه

الزانف ، وذلك بعد أن تنخفض درجة حرارة الجزء إلى درجة الحرارة العادية . وهكذا تكون إزالة هذه الزانف والجزء ساخن ، وخصوصاً إذا كان كبير الحجم ، فلا يلتوى في أثناء عملية الإزالة ويتشوه شكله .

ويبين شكل (٦) خطوات تشكيل صناعة ذراع توصيل في محرك ، بالحدادة المتساقطة . و (أ) قطعة من عمود مقطوع بطول مناسب لإجراء عملية الحدادة الابتدائية . و (ب) زوجان من قوالب للتشكيل المقفلة ، مصممة خصيصاً لتشكيل هذا الجزء بالحدادة . (ج) الجزء بعد إجراء عمليات التشغيل الابتدائية على الساخن . و (د) الجزء بعد إجراء العملية التالية . ويظهر فيه الشكل الأول لذراع التوصيل . و (هـ) ذراع التوصيل بعد عملية التشطيب وانتهاء تفكيكه إلى شكله النهائي . و (ز) ذراع التوصيل بعد إزالة الزانف . وتجرى عملية إزالة الزانف في تشكيل الدراعات الواسلة ، بعد عملية التشطيب مباشرة ، وذلك في مكبس مخصص لتهديب الأطراف . وتستخدم قوالب مخصصة لعملية الإزالة ، تطابق شكل الجزء المنتج . وتهذب في نفس الوقت نهايتي ذراع التوصيل . وبذلك يصبح الجزء معداً للمعاملة الحرارية والتشغيل على المكائن . ويظهر في أسفل الشكل مقطع في ذراع

التوصيل ، عولج بالحامض ، وظهرت البافة ، وينتج عن تشغيل الممدن المعيني على الساخن ، بقوالب التشكيل المقفلة ، انسياب الحبيبات والألياف بالترتيب الظاهر في الشكل .



شكل (٦) خطوات حدادة ذراع توصيل بمحرك

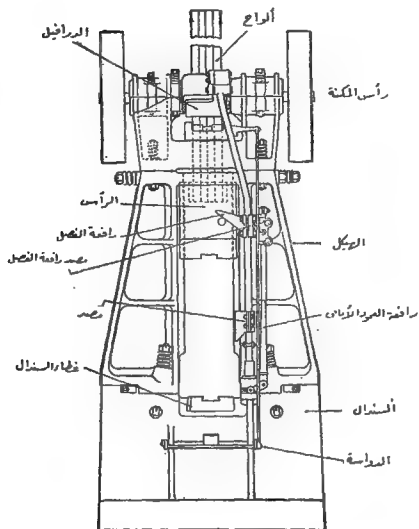
مطرقة اللوح المتساقطة

فيما يلي توضيح للأجزاء الأساسية في مطرقة اللوح المتساقطة كذلك ، طريقة العمل بها ، ولقد سبق إيضاها بالتفصيل . وينتفع هذا النوع من المكنتات بقوة جاذبية الأرض ، لتكوين الطرقات . وتصنع هذه المكنتات بأحجام وقدرات مختلفة ، تتراوح فيما بين (١٠٠ رطل و ١٠٠٠ رطل) وتمثل هذه القيم أوزان المطارق المتساقطة وجميع الأجزاء الاضافية المثبتة عليها . وتستخدم المطارق المتساقطة ذات اللوح ، في إنتاج جميع أنواع منتجات الحدادة من أجزاء المكنتات الصغيرة إلى أجزاء الترينينات البخارية الكبيرة . ويبين شكل (٧) من هذا الباب مثال لمطرقة لوح متساقطة .

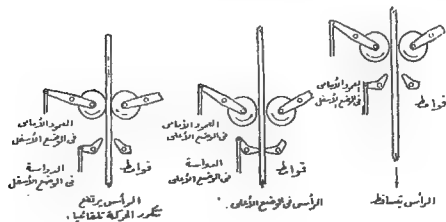
تتوالى ضربات المطرقة التي في هذا النوع ، طالما كانت قدم العامل ضاغطة على الدواسة . وتثبت عدة ألواح من الخشب الصلب ، وتكون غالبا من خشب الأسفندان أو الغرب في رأس المطرقة . وترتفع هذه الألواح إلى أعلى باحتكاكها ، وهي متلامسة مع أسطوانتين أو أربع اسطوانات (درافيل) إحتكاك من الصلب ، هي في الواقع جزء من جهاز الرفع بالمكنة . فإذا ارتفعت الألواح مع الرأس ، إثر الاحتكاك مع الأسطوانات (الدرافيل) تتساقط الرأس والألواح معها على المطروقات إذا أزيل الاحتكاك . وتحكم أجهزة الإدارة في مشوار الارتفاع والسقوط . وبهذا تختلف الطرقات فيما بين القوة والضعف . وتثبت قوالب الصلب في السندان الثابت وفي الرأس المتحرك بازدواج غنمارى . ويبين شكل (٧) أهم أجزاء مطرقة اللوح المتساقطة . كما يبين شكل (٨) طريقة إدارة المطرقة . وفيما يلي خطوات العمل على هذه المطرقة :

— توضع ترتيبات وآليات تحريك الأسطوانات (الدرافيل) في موضع الرفع أو التساقط في رأس المكنة في أعلى الهيكل .

— يثبت الرأس على الهيكل الذى يعمل في نفس الوقت دليلا لحركة الرأس



شكل (٧) أجزاء مطرقة لوح المتقاطعة .



شكل (٨) خطوات عمل مطرقة لوح المتقاطعة

في الصعود والهبوط ، ويرتكز جزء المكنة العلوى على السندال أو القاعدة ، التى تصمم لتحتمس طريقة الرأس .

— يثبت جزء القالب الأسفل في غطاء السندال ، كما يثبت جزء القالب المتحرك في الجزء المتساقط . فإذا أبعدت الأسطوانات (الدرافيل) عن ألواح ، تساقطت وهبطت بفعل الجاذبية الأرضية وتحدث الطريقة المطلوبة . والأسطوانات (الدرافيل) الرافعة في هذه المكنة عبارة عن أسطواناتين تدوران في اتجاه عكسى .

— تلامس هاتان الأسطواناتان (الدرافيلان) الألواح ، فترفعها ، ثم تبتعد عنها فتساقط الألواح ، وتنشأ الطريقة عن تساقطها .

— في الطريقة رافعة آمن ، تمنع الأسطواتين (الدرافيلان) من العمل ، عندما تكون الألواح والرأس المتحرك في الوضع الأسفل ، فلا ترتفع إلا إذا رجعت الرافعة إلى وضعها الأصلى .

— بالمكنة دواسة مخصصة لفصل الألواح عن الأسطوانات حتى تساقط الألواح والرأس معها إذا ضغط بالقدم عليها . وتصمم هذه « الترتيبة » ، بحيث إذا استمر الضغط على الدواسة ، تتكرر الطرقات تلقائيا .

— تحرك الرافعة التى تفصل الأسطوانات (الدرافيل) عن الألواح ، بسمار (دبوس) يثبت في الرأس ، بحيث إذا تحركت ، تتحرك الرافعة وتبتعد الأسطواتان (الدرافيلان) واحدة عن الأخرى . ويحدث هذا عندما تصل الألواح إلى ارتفاع الطريقة المطلوبة .

— تعمل رافعة الفصل عن طريق مسمار (بنز) ، أو دبوس ، موضوع في الرأس ، وتصل هذه الرافعة الأسطوانات عن الألواح ، عندما يصل الرأس عند نهاية شوط الطريقة .

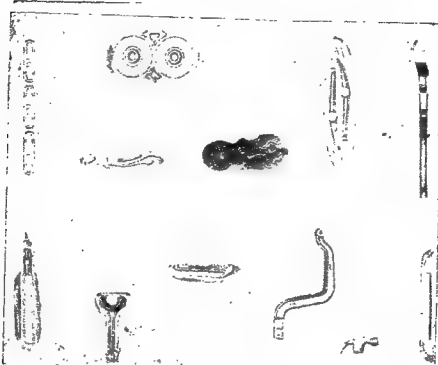
— رافعة الفصل مصد مثبت بعمود تشغيل الأسطوانات (الدرافيل) ، تعمل عن طريقة رافعة الفصل، في آلية إدارة الأسطوانات .

— يعمل الرأس وهو في موضعه الأسفل ، في مصد يقوم بدوره على توصيل الأسطوانات بالألواح ، ليرتفع إلى نهاية مشوار الاستعداد للطريقة التالية .

وتوضح الرسومات الثلاثة التي في شكل (٨) عمل الأسطوانات (الدرافيل) والقوامط . في الجزء العلوى إلى اليسار ، رسم يوضح كيف أن الرأس يعمل في المصد الأسفل ، فيدفع العمود الأمامى إلى أسفل ، ويوصل بذلك الأسطوانات (الدرافيل) بالألواح . ولا تلامس القوامط الألواح ، إذا كانت الدواسة مضغوطة عليها . وبين الرسم في الجزء العلوى إلى اليمين ، كيف أن رافعة الفصل يعمل فيها بمسار أو دبوس الرأس ، فتعمل بدورها في المصد الأعلى ، فيرفع العمود الأمامى ويبعد الأسطوانات عن الألواح ويفصلها عنها . فإذا تركت الدواسة في موضعها الأعلى ، قبضت القوامط على الألواح وهي في أعلى المشوار . وعلى أى حال ، إذا ضغط على الدواسة ، لم أن تتوالى الطرقات تلقائياً .

ويبين شكل (٩) أمثلة لبعض مطروقات الحدادة للمتساقطة . ومنها يستدل على أحجام وأشكال منتجات الحدادة المتساقطة . ولم توضع قاعدة ثابتة لاختيار أنسب نوع من مكينات الحدادة المتساقطة ، التي تعمل بالجاذبية أو بالبخار ، لصناعة نوع ما من المنتجات . انظر شكل (١٣) . ومن الطبيعي أن تشكل أغلب الأجزاء الصغيرة البسيطة ، التي تخلو من التعقيد على مطارق اللوح المتساقطة ، أو على غيرها من المطارق المتساقطة ، في حين تشمل الأجزاء الكبيرة التي لها أشكال معقدة على مطارق بخارية متساقطة .

وليس جميع المطارق المتساقطة ، التي تعمل بالجاذبية ، مطارق بلوح متساقطة . وكما ذكر من قبل ، تعمل بعض المطارق بالجاذبية ولكنها تستخدم الهواء المضغوط أو البخار ، بضغط من جهة واحدة . وتستخدم أعمدة بدلا من الأسطوانات (الدرافيل) : في رفع الرأس وجزء القالب المتحرك . ويبين شكل (١١) نوع حديث



شكل (٩)

من المطارق ، تعمل بالجابزية ، وتستخدم الهواء المضغوط أو البخار في رفع الرأس . وأهم ميزة لهذه المكنة ، هي سرعة ارتفاع الرأس ، وبالتالي سرعة الأداء . ويسقط الرأس في جميع أنواع المطارق ، التي تعمل بالجابزية ، سواء أكانت من ذات اللوح ، أو من أي نوع آخر ، بنفس السرعة إذا سقط الرأس من ارتفاع واحد . ويشترط بطبيعة الحال ، ألا يقاوم سقوطها احتكاك أو ضغط عكسي . وتتوقف سرعة رجوع الرأس ، مرتقعا إلى أعلى ، على نوع وتصميم الجهاز الرفع . وترفع الأسطوانات (الدرافيل) ألواح الخشب بالاحتكاك ، وذلك في حالة مطرقة اللوح المتساقطة . ويزيد عدد الطرقات في المطرقة المبينة في شكل (١٠) لاستعمال الهواء المضغوط أو البخار بضغط حوالي (١٠٠ رطل على البوصة المربعة) فتضغط على أسفل إسطوانة المكنة ، فتزيد من سرعة ارتفاع الرأس . وتصنع هذه المكنات بأحجام مختلفة القدرة ، تتراوح فيما بين (٥٠٠ رطل و ٥٠٠٠ رطل) ، وهذه تناسب إنتاج الأجزاء الصغيرة الخالية من التعقيد .

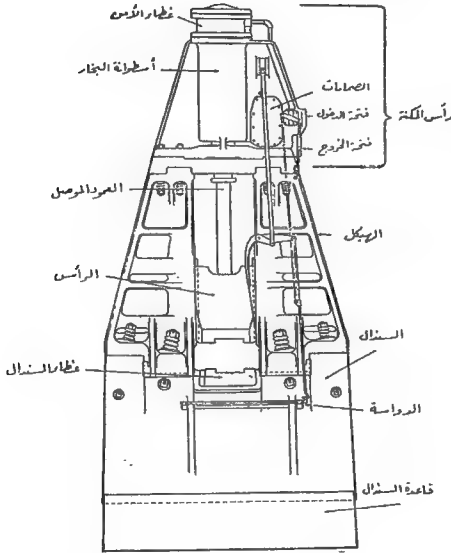


شكل (١٠) مطرقة متساقطة تعمل بالبخر

المطارق المتساقطة البخارية

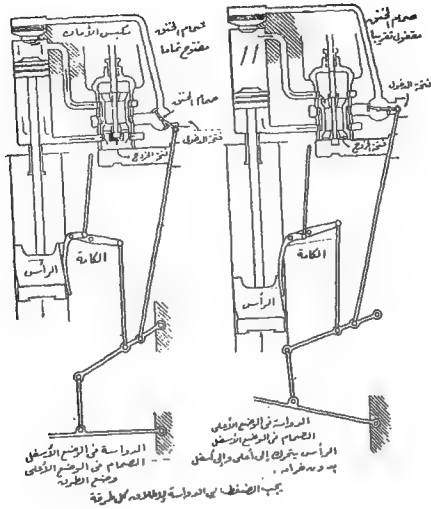
يبين شكل (٣) من هذا الباب ، مطرقة متساقطة بخارية . ويمثل هذا النوع من الممكنات ، مطارق الحدادة البخارية ، العادية إلا أن الرأس ، يجب أن يعمل داخل دليل دقيق ، يمكن ضبطه للتأكد من تطابق جزء القالب العلوي على جزء القالب الأسفل . ويجب أن يكون هيكل المطرقة مثبتاً جسيماً . وأن يكون تركيب الأجزاء الميكانيكية مضبوطاً ، لتطابق محاور حركتها المحاور النظرية على قدر الامكان . ويلزم أخذ مقدار تأكل المجارى الدليلية الاحتكاكي في الاعتبار . وترفع الرأس بالبخر ، وتحكم قوة الضربة بصمام ينظم البخر ، وتزيد عدد الطرقات في كثير

من هذه المكثات عن (٣٠٠ ضربة في الدقيقة) . وتتراوح قدرة المطارق المتساقطة البخارية فيما بين (٤٠٠ إلى ٥٠٠٠٠ وطل) .



شكل (١١) أجزاء مطرقة متساقطة بخارية

وبين شكل (١١)، أهم أجزاء مطرقة متساقطة بخارية، كما يبين شكل (١٢) كيف يعمل صمام تنظيم البخار . وفيما يلي توضيح لعمل الأجزاء وطريقة إدارة المطرقة ، وكذلك جهاز التنظيم أو الصمام .



شكل (١٢) عمل صمامات المطرقة المتساقطة البضارية

توضع صمامات الإدارة، والاسطوانة، وغطاء الأمن، في رأس المكنة في أعلى الهيكل. ويحمل الهيكل الرأس، - كما في حالة مطارق اللوح المتساقطة - وكذلك دليل حركة الرأس الذي يثبت في السندال. يرتكز الجزء العلوي من المكنة على السندال الذي يمتص الطريقة. ويختلف حجم قاعدة السندال باختلاف حجم المطرقة. وكذلك يثبت جزء القالب الأسفل في غطاء السندال. وبطبيعة الحال تكون الرأس هي الجزء الذي تنشأ عنه الطريقة، ويثبت فيها جزء القالب المتحرك.

ويثبت العمود الموصل في الرأس ، وهو الذى يدفعه بسرعة كبيرة إثر ضغط البخار أو الهواء المضغوط في أسطوانته ، وبذلك تكون الأسطوانة مصدراً للسرعة العالية المطلوبة ، التى تنشأ عنها الطرقات ، كما أنها تعيد رفع الرأس إلى مكانها الأول استعداداً للطريقة التالية .

ويحوى غطاء الأمن مكبس الأمن ، ويدخل البخار فوقه في حيز يعمل عمل الوسادة ، فإذا ارتفع مكبس المطرقة لسبب أو لآخر أعلى من المسافة المقررة ، يصطدم بمكبس الأمن ، الذى يضغط بدوره على وسادة البخار التى أعلاه ، فيمنع هذا استمرار حركة مكبس المطرقة إلى أعلى ، فلا تتعرض الأجزاء المتحركة للانكسار أو التلف .

والصمامات أجهزة للتحكم في البخار أو الهواء المضغوط ، الذى يدخل الأسطوانات ، وبها كذلك يمكن التحكم في حركة الرأس ومشاويرها .

وتستخدم الدواise لاطلاق الطرقات وذلك للتحكم في الصمامات . ويزام لاطلاق كل طريقة أو ضربة من طرقات المطرقة المتساقطة البخارية ، أن يضغط على الدواise . وتتوقف قوة الطريقة على سرعة ومسافة هبوط الدواise . ويبين الرسم الأيسر من شكل (١٢) ، وضع أجزاء الصمام وملحقاته ، عندما تكون الدواise في وضع إطلاق الطرقات . ويلاحظ من الشكل أن البخار يدخل من فتحة الدخول ، ويمر من صمام تنظيم البخار المفتوح ، إلى منتصف الصمام المنزلق ، ثم يجتاز الفتحة العلوية ، فيضغط على المكبس من أعلاه . ويبين الرسم الأيمن ما يحدث عندما تكون الدواise في الموضع العلوى ، في حين يكون صمام الخنق مقفولاً تقريباً ، فيتحرك الصمام المنزلق إلى أسفل ، فيعبر البخار الفتحتين السفلتين في الصمام المنزلق ، فتنتقل الرأس مرتفعة .

ويجب ملاحظة أنه عندما يتحرك الرأس إلى أعلى ، تتحرك السكامة التى ترفع الصمام المنزلق قليلاً ، فيدخل مقدار صغير من البخار إلى الناحية العليا من المكبس ،

ويخرج من الناحية السفلى . ويتحرك الصمام المنزلق إلى أسفل قليلا كلما كانت الكامة في موضع الرفع . وتعمل الكامة هذه ، عندما تكون الدواسة في الموضع العلوى ، لتحريك الرأس إلى أعلى وإلى أسفل بدون ضربات ، وبهذا يستمر مرور البخار داخل الأسطوانة . ويمنع هذا احتمال تكثف البخار في الأسطوانة . ويلاحظ أن البخار يعمل دائما إلى أعلى مكبس الأمان .

والمطرقة المتساقطة البخارية ، مناسبة لحدادة الأجزاء الكبيرة والأجزاء الصغيرة التى بها تشكيلات معقدة .

طائفة الطرق وأثر التشكيل لعملية الحدادة

لا يعتمد تأثير طريقة المطرقة على قدرة الضربة لحسب ، بل يعتمد كذلك على نسبة القدرة المولدة التى يمكن استخلاصها لتشكيل المعدن . والعوامل الرئيسية التى تؤثر على هذه النسبة ، هى معجونية ولدونة المعدن وأوزان الأجزاء العليا للمطرقة ، كذلك وزن السندان . فتوازن الهيكل والأسطوانة وقوة ومتانة هذه الأجزاء ، تتحكم فى الأجزاء المتحركة ، وتعمل دائما على توازى وتحاذى الأجزاء فى أثناء حركتها . كما يمنع تراخىها واعوجاجها الجانبى ، كما توجه كل القدرة المولدة إلى المعدن الذى يشكل بين جزئى القالب .

وتتوقف قدرة الحدادة على وزن المطرقة ، وتسمى طادة (حجم المطرقة) ويؤخذ فى الاعتبار عند ذكر قدرة المطرقة ، الزمن اللازم لتشغيل جزء معين بشكل معين ، ويجب أخذ كل حالة على حدة . فثلا فى حالة المطرقة الصغيرة التى تستخدم فى حدادة قضبان صغيرة المقطع ، يصبح استخدامها فى حدادة قضبان صغيرة المقطع الكبير ، مثل كتلة مربعة مساحة قطعها (٦ بوصات X ٦ بوصات) ، ولكن استخدام مطرقة كبيرة يحقق اقتصادا فى العمل ، وجودة فى الإنتاج . وتتبع طريقة معروفة لتقدير وزن المطرقة البخارية وهى مايلزم للبوصة المربعة من مساحة مقطع خامة الصلب المراد طرقها ، حوالى ٥٠ رطلا لثقل متساقط . وتطبق (٧) الماد

هذه الطريقة في حالات الحدادة العادية . ويستدل منها على الحجم الذي يمكن من الكفاية . ولا يستدل منها على أكبر حجم للطريقة . ويتوقف وزن المطرقة في المطارق المتساوقة المستعملة في الصناعة على عدة عوامل ، ولذلك تتبع عدة قواعد . ولوزن السندان أهمية كبرى ، فكلما نقص وزنه ضاعت الطاقة في تحريكه ، وقلت طاقة الطريقة التي يمتصها الجزء المراد تشغيله . ونسبة وزن السندان إلى وزن الرأس ، أحد العوامل الهامة في تصميم مطارق الحدادة . ويستعمل عادة سندان يزن ثمانى مرات وزن الأجزاء المتحركة . وعندما يكون المعدن المراد تشغيله صلبا جدا ، كالصلب السبائكي مثلا ، فإن نسبة كبيرة من الطاقة تذهب في ارتداد الرأس عند ارتطامه بالمعدن المشغل . ويستحسن في هذه الحالة استخدام مطرقة بنسبة سندان عالية ، قد تصل إلى ١٥ : ١ حتى تتوافر طاقة تكفى لتشغيل المعدن .

وتتناسب دائما الطاقة المفقودة تناسباً عكسياً مع وزن السندان مهما كان نوع المعدن المشغل . فإذا كان المعدن صعب الحدادة ، فإن زيادة الكفاية لا تبرر استخدام سندان ثقيل بحجم لا يتناسب مع باقى أجزاء المكنة . فمثلا عندما تكون نسبة السندان (١٥ : ١) ، فإن ٦ ٪ من طاقة الطريقة تستنفذ في تحريك السندان ، وعندما تكون نسبة (١٠ : ١) ، يضيع ٩ ٪ من الطاقة في تحريكه . ومن الواضح أن استعمال مطرقة نسبة السندان فيها (١٥ : ١) يستفاد منها بحوالى ٦٠ ٪ من طاقتها ، في حين أن تكاليفها عالية . كذلك تكون تكاليف المحافظة على السندان وعلى أساسه مرتفعة ، نظرا لكمية الطاقة الكبيرة التي تطلقها هذه الأجزاء .

ويمكن حساب أقصى طاقة لطريقة مطرقة بخارية ، بفرض أن الضغط الفعال المتوسط للبخار على أعلى المكبس ، هو حوالى ٨٠ ٪ من ضغط البخار في المواسير . وبضرب هذا الضغط في مساحة إسطوانة البخار ، تعرف قوة ضغط البخار الفعال . ومجموع القوة الفعالة ، هو هذه القوة مضافا إليها وزن الأجزاء المتحركة ، وتساوى هذه القوة الوزن الاسمى للطريقة وتزيد . وطاقة الطريقة هي حاصل ضرب هذه

الفقرة في طول مشوار المطرقة . ويمكن الحصول على متوسط قوة للطرقة ، بقسمة طاقة الضربة على طول المسافة التي يتحركها القالب العلوى بين اللحظة التي يبدأ منها الطرق على الجزء ، واللحظة التي يقف فيها . وهذه المسافة عبارة عن مقدار التغلغل الذي حدث في الجزء مضافا إليه مقدار تحرك السندال تحت تأثير قوة الطرقة .

فمثلا في مطرقة بخارية قوتها ١١٠٠ رطل تكون مواصفاتها كالآتي :

وزن الثقل الساقط (١٢٠٠ رطلا وقطر الأسطوانة (ق) ١٠ بوصات وطول المشوار ، (ط) ٢٧ بوصة) .

فاذا فرضنا أن الضغط المتوسط المؤثر (ض) يساوى ٨٠ رطلا على البوصة المربعة ، وفرضنا أن الرأس يستمر في التحرك مسافة تساوى ($\frac{1}{8}$ بوصة) بعد تلقى الطرقة ، بسبب تغلغلها في المعدن وتحرك السندال . تحسب قوة الضربة كما يلي :

$$\text{قوة ضغط البخار} = \frac{\text{ط} \times \text{ق}}{4} = 6283 \text{ رطلا}$$

$$\text{الثقل الساقط} = 1200 \text{ رطلا}$$

$$\text{مجموع القوة المتساقط} = 6283 + 1200 = 7483 \text{ رطلا}$$

$$\text{طاقة الطرقة} = 7483 \times 27 = 202041 \text{ رطل بوصة}$$

$$\text{متوسط قوة الطرقة} = \frac{202041}{120} = 1616328 \text{ رطلا}$$

$$= 16,808 \text{ طنا}$$

وعند تقدير طاقة الطرقة في المطارق المتساقط التي تعمل بجاذبية الأرض ، تكون القوة المتساقط تساوى عبارة عن وزن الأجزاء المتساقط فقط . وجميع الحسابات الأخرى مماثلة للحسابات للتبعة في المطرقة المتساقط البخارية .

وبين (شكل ١٣) الفرق بين تساقط المطرقة بالجاذبية الأرضية ، سواء كانت من النوع ذى الوح أو كانت مطرقة متساقط بسيطة تعمل بالجاذبية الأرضية وبالتساقط السريع في المطرقة البخارية . ويجب ملاحظة أن سرعة التساقط في أى من نوعى المطرقة المتساقط التي تعمل بالجاذبية الأرضية ، يحددها الارتفاع (ع) المبين في الرسم ، والذي يتساقط منه الرأس ، بينما يزيد البخار أو الهواء المضغوط المستعمل

في الأسطوانة في سرعة تساقط الرأس في المطرقة البخارية. ومتوسط سرعة المطرقة المتساقطة التي تعمل بالجاذبية الأرضية ، حوالي (١٤ قدما في الثانية ، حين أن أقصى سرعة فعالة في المطرقة البخارية تساوي حوالي ٣٠ قدما في الثانية .

$$\frac{٢٥}{٧}$$

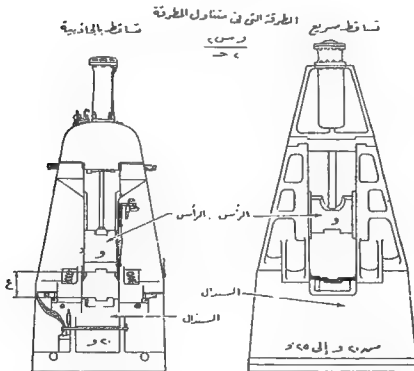
وتساوي الطاقة التي في متناول المطرقة

حيث و = وزن الرأس بالرطل

٦ س = سرعة الرأس بالقدم في الثانية

٦ ح = عجلة الجاذبية الأرضية (٣٢.٢ قدم ثانية)

التحكم في الصدمة
أثناء الحدادة



مطرقة متساقطة تعمل بالجاذبية.
تتوقف السرعة على (ح)
تؤثر النسبة بين وزن السنال ووزن
الرأس في أنطرقة الحدادة ،
السرعة المتبادلة ١٤ قدم في الثانية .

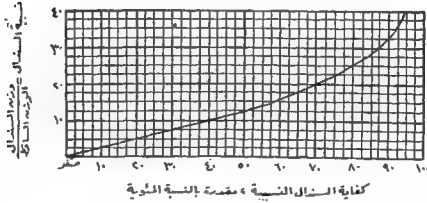
مطرقة متساقطة بخارية .
تزداد السرعة باستعمال البخار والحدادة
تكون نسبة السنال عالية إذا صمم السنال
صمم للترسية نظمت واهمة
تصلح سرعته ٣٠ قدم في الثانية تقريبا .

شكل (١٣) الفرق بين تساقط للمطرقة بالجاذبية الأرضية وسقوطها السريع

ويمكن من هذه العلاقة ملاحظة أن الطاقة التي في متناول المطرقة أكبر في حالة المطرقة المتساقطة البخارية منها في المطرقة المتساقطة التي تعمل بالجاذبية الأرضية إذا كانت جميع العوامل الأخرى ثابتة .

وتؤثر النسبة بين وزن السندان ووزن الرأس في أثر طريقة المخاداة ، كما هو مبين في شكل (١٤) . وسعة المطرقة أي قدرتها على المخاداة تتحدد بالعوامل الآتية : وزن الكتلة الطارقة وسرعتها عند الارتطام ، أو متانة وإحكام تماسك الهيكل وجسائه وكذلك كتلة السندان الذي تقف في طريق الطريقة . وبما أن فعل المخاداة يتناسب مع مربع سرعة الاصطدام أو الطرق ، فإنه من الأفضل استخدام السرعات العالية . وتفضل الهياكل المتينة الجسيمة ذات مركز الثقل المنخفض ، كما أن أداءها جيد .

نسبة السندان وأثر طريقة المخاداة



شكل (١٤) نسبة السندان وتأثير المخاداة

أثره تخفيف المعادن قبل المخاداة

يجب تسخين المعادن بالطريقة الصحيحة لإتمام عملية المخاداة على الوجه الأكمل؟ ويتم هذا إذا اختيرت معدات التسخين بعناية . وتسخن المعادن عامة والصلب خاصة في أفران مختلفة ، ويحدد حجم قطعة الصلب المراد تسخينها بالمخاداة وشكلها ونوعها اختيار وحدة التسخين التي يجب أن تصمم بحيث تسخن المعدن بطريقة سليمة صحيحة ، وبحيث تعمل بكفاءة وجودة في الظروف المختلفة ، التي يحتملها

الاستعمال . ويصعب تصميم فرن واحد يناسب كل الأحوال . كما يصعب استعمال نوع واحد من الوقود ، لذلك ، وعلى أى حال ، يلزم بذل عناية وحرص شديدين عند تصميم أى نوع من أنواع أفران الحدادة ليناسب حالة العمل . كما يلزم وضع الفرن في مكان مناسب لتسهيل عملية نقل الجزء من الفرن إلى مكان الحدادة . ويجب أن يكفى سعة الفرن لإتمام احتراق الوقود وتوزيع الحرارة المولدة بانتظام لتناسب عملية تسخين المعدن المسخن . كما يجب اتباع إرشادات صانعي الأفران للوصول إلى أحسن النتائج .

ويبين شكل (١٥) بعض الأشكال التي تبني بها أفران الحدادة . (١) قطاع في فرن يدخل الوقود من جانبه وبه حاجز يمنع اللمس مع الجزء المسخن . و (ب) قطاع في فرن بلهب مباشر ، وفيه تلامس غازات الاحتراق للمعدن المسخن . و (ج) قطاع في فرن كهربائي .

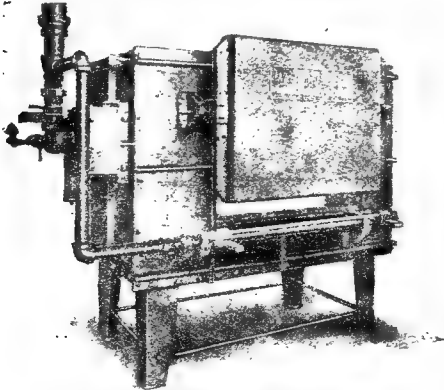


شكل (١٥) أشكال لبعض أفران الحدادة

ويجب بناء الأفران من مواد حرارية عازلة تعزل الحرارة عن الجدران الخارجية . وتحدد الأجزاء التي يراد تسخينها في الفرن طوله وأبعاده الأخرى . ويجب أن ينحدر بيت النار في الفرن إلى الوراء قليلا ليتحد الخبث المتكون إلى الخلف ، ويخرج من فتحة الخبث المخصصة لذلك . ويصمم الفرن عادة ببيت النار مستطيلا ، ويسقف غالبا على شكل عقد . وتكون فتحة الفرن من الأمام . ويستعمل الطوب الحراري في تبطين الأفران ، ولا يصح أن يقل سمك الطوب عن (٩ بوصات) . ويصنع هيكل من الصلب لتثبيت وحمل جسد الفرن المبطن بالطوب . وإذا استعملت الحفارات في الأفران ، يلزم تثبيتها بإحكام في الأفران ، ولا يصح أن

يتلامس اللهب في هذه الحالة مع الصلب . لذلك يبنى حاجز أو أى وسيلة أخرى لحماية الصلب من اللهب ، كما هو مبين في (١) في شكل (١٥) . وتبنى الأفران ضيقة وطويلة ، لا لتسخين القضبان بحسب ، ولكن لتسخين الأجزاء الكبيرة ذات المقاطع الضخمة . ويستحسن استخدام أفران واسعة غير عميقة .

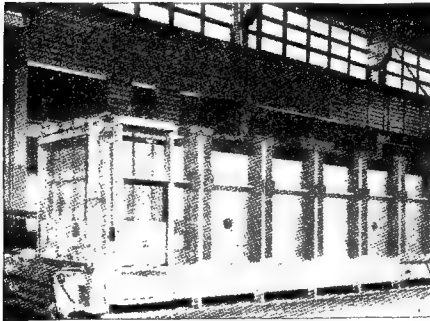
ويبين شكل (١٦) نوعاً حديثاً من أفران الحدادة له واق . والفرن نفسه متين ومحكم البناء ، ويحرق فيه الغاز أو الزيت . ويمكن استخدامه اقتصادياً في عمليات الحدادة وكذلك في عمليات اللحام . ويمكن ضبط الحاجز الواق ليحمي العامل من الحرارة ، كما يحمي في نفس الوقت المادة الجارية تسخينها في الفرن . ويمكن تبريد الحاجز بالهواء أو بالماء ، كما يصح تبطينه بالطوب الحرارى . وتجهز جميع أفران الحرارة الحديثة بأجهزة تلقائية أو توماتيكية ، للتحكم في درجة الحرارة ، وذلك لتثبت حالة التسخين في حالة واحدة حسب الطلب . ومن مزايا أجهزة التحكم التلقائية



شكل (١٦) فرن حدادة له حاجز واق

(الأتوماتيكية) ، تخفيض تكاليف عملية التسخين ، وبالتالي تكاليف عملية الجدادة عن طريق الاقتصاد في الوقود المستنفد ، والإقلال من تكاليف صيانة الفرن .

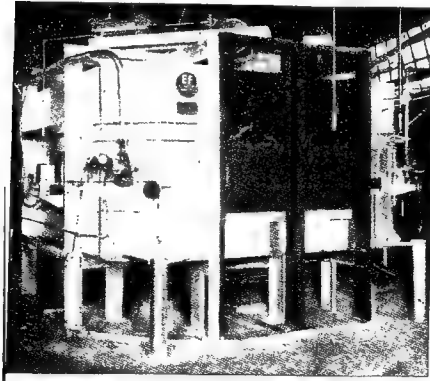
وتستخدم أفران الدفمات في ورش الجدادة التي تشغل فيها قطع عديدة من الصلب بأحجام وأشكال مختلفة ، وهي أفران يستمر فيها إدخال المعدن من ناحية وإخراجه من ناحية أخرى ، فيمكن بذلك تسخين كمية كبيرة من المعدن باستمرار وفي آن واحد . وتستخدم المصانع الحديثة التي تشغل فيها كميات كبيرة جدا من الصلب ، أفران لها حصائر تغذية ، أو نقالات تلقائية تدخل الأفران حاملة للأجزاء المراد تسخينها . وفي الأفران المجهزة بحصائر تغذية (بالجنزير، أو السلسلة) تحمل السلسلة (الجنزير) المعدن وتدخله الفرن من ناحية الشحن ، وتخرجه بعد التسخين من ناحية الخروج . وبين شكل (١٧) فرنا كهربيا له حصىرة سلسلة ، تستعمل في تسخين كتل الألمونيوم قبل الجدادة . ويوضع المعدن على السلسلة لير في الفرن بعد تسخينه ، ويخرج من باب خروج المعدن الذي يجب أن يكون أقرب



شكل (١٧) فرن كهربى بحصىرة سلسلة

ما يمكن من مكنة الحدادة . وفي بعض الأحيان ، يبنى الفرن أعلى من مستوى الأرض ، بحيث تنزل الكتلة المسخنة الخارجة من الفرن ، على مجرى منحدر بطريقة تلقائية فتصل إلى مكان مكنة الحدادة .

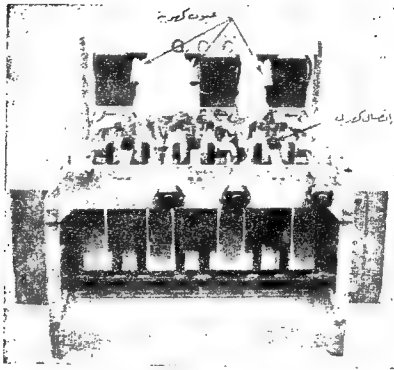
وبين شكل (١٨) نوما آخر من الأفران المتواصلة التي تعمل تلقائياً . وبيت النار في هذا الفرن دوار ، ومجهز بأجهزة التحكم في درجات الحرارة تلقائياً ، لابقاء درجة الحرارة ثابتة في الفرن عند أى مستوى مطلوب ، كما تمنع زيادة تسخين المعدن ، حتى ولو حدث أى أمر يطل بإخراج المعدن من الفرن مدة أكبر مما يجب . ويعمل هذا الفرن بوضع المعدن في بيت النار ، الذي يدور دورة كاملة في أثناء التسخين . وبعد ذلك يخرج المعدن وبعد التشكيل لوضعه في مكان مناسب بالقرب من مكنة الحدادة . وتعتمد كفاءة ضبط أجهزة التحكم الآتوماتيكية (التلقائية) على كمية وتناسق المعدن المراد حدادته من حيث الحجم والشكل .



شكل (١٨) فرن من الأنواع المتواصلة التلقائية

ويزداد استعمال وسائل التسخين بالكهرباء في عمليات الحدادة ، زيادة مطردة .
 وخصوصاً في حدادة المعادن غير الحديدية . وأفران المقاومة الكهربائية لا تناسب عمليات تسخين الصلب لأنها تعمل في درجات حرارة أقل من الأفران التي تحرق الزيت ، كما أن تكاليف الصلب في هذه الحالة تكلف كثيراً . ومع ذلك فالتسخين بالمقاومة الكهربائية مميزات عديدة ، في حالة تسخين المعادن غير الحديدية ، وخصوصاً في عمليات الحدادة . وتعمل هذه الأفران بإمرار تيار كهربائي خلال المعدن المراد تسخينه نفسه . ويسخن مرور التيار الكهربائي المعدن إثر مقاومته لهذا التيار . ولا تنفذ في هذه الحالة الحرارة إلا بالأشعاع . ولا يمكن تسخين الصلب بسرعة بهذه الطريقة ، لأن درجة الحرارة المطلوبة عالية جداً ، تصل إلى حوالي ٢٢٠٠°ف غير أنه بهذه الطريقة ، ترتفع درجة حرارة المعدن من الداخل أولاً ، ثم يلي ذلك ارتفاع درجة حرارة بقية المعدن . ويتحقق بهذا تسخين المعدن بانتظام . ويمكن التحكم في درجة الحرارة القصوى لتلقائياً ، باستعمال أجهزة تحكم كهروميكانيكية تستخدم العيون الكهربائية التي توضع بطريقة خاصة معينة ، فيما بين المعدن . ويوضع التوصيل الكهربائي في جهاز التسخين . وتضبط درجة الحرارة في لحظة قصيرة بهذا النوع من أجهزة التسخين ، كما هو مبين في شكل (١٩) . وبذلك يجنب المعدن خطر زيادة التسخين أو نقصانه . ويستخدم جهاز تسخين المقاومة الكهربائية في تسخين معادن يتراوح حجمها فيما بين (٨ بوصة إلى ١٥ بوصة) قطراً وفيما بين (١ بوصة و ٢٤ بوصة) طولاً .

واستخدمت في السنوات الأخيرة أفران تعمل بتأثيرية التردد الكهربائي العالي ، ونالت نجاحاً كبيراً في هذا الميدان . وذلك بتسخين المعادن وخصوصاً الصلب ، لإعدادها لإجراء مختلف عمليات الحدادة . ويحتوي جهاز التسخين المجهزة به الأفران التأثيرية ملف تسخين تأثيري على التردد ، ولوحة التحكم في المسخن . ويصمم جهاز التسخين عادة ليؤدي مطالب معينة . وطريقة تسخين المعادن هذه ، لها مميزات كثيرة ، أهمها التسخين السريع ، وكذلك التسخين الموضعي إذا استلزم الأمر تسخين



شكل (١٩) جهاز تسخين بالمقاومة الكهربائية

جزء من أجزاء المعدن دون تسخين باقى الأجزاء ، ولا يتولد من التسخين بهذه الطريقة طبقة أكسيدية على سطح المعدن بتاتا . ويمكن تسخين قطاعات صغيرة من الصلب موضعيا ، مسمطة أو مجوفة ، إلى درجة حرارة الحداة فى أقل من دقيقة واحدة ، أما فى القطاعات الكبيرة فيلزم لذلك وقت أطول .

عمليات إضافية

يجب أن يقص المعدن ويقطع ، لأجراء عملية الحداة بالطول المطلوب بالمنشار ، ثم يسخن إلى درجة حرارة الحداة المضبوطة فى أفران تنتخب حسب إرشادات صانعى الأفران . وتصل درجة حرارة الحداة المضبوطة لتشكيل الصلب إلى حوالى (٢٢٠٠°ف) . ولطريقة التسخين السليمة الصحيحة أعظم الأثر فى نجاح عمليات

الحدادة . وتستعمل أجهزة قص أو نشر بسيطة التصميم ، لإعداد المعدن في الورشة بالأطوال المطلوبة .

وتستخدم مكابس تهذيب الأطراف في ورش الحدادة ، لإزالة الزعانف التي تحيط بالأجزاء المصنوعة بالحدادة المتساقطة . والزعانف هي الأجزاء المعدنية الرفيعة الزائدة ، المنبثقة إثر ضغط طريقة المطرقة على المعدن الساخن اللدن المعجن ، بعد ما يملأ فراغات القالب تماما . وتزال هذه الزعانف بالقص ، باستخدام قوالب تهذيب أطراف ، مخصصة لذلك . وتوضع مكابس تهذيب الأطراف هذه بالقرب من المطارق لتهذيب أطراف الأجزاء الساخنة بعد حدادتها مباشرة . ويصح أن تجرى عملية تهذيب الأطراف على البارد ، خصوصا في القطع الصغيرة للنتيجة بالحدادة ، كل قطعتين معاً ، مجتمعين من قطعة من المعدن . ويمكن إجراء عملية التخريم مع عملية تهذيب الأطراف في آن واحد .

وتجرى عمليات معاملات حرارية مختلفة على أغلب أنواع الصلب الكربوني والصلب السائكي ، لظهور الخواص الفيزيائية المرغوبة في الحدود المطلوبة . ويجب ضبط وإحكام أداء عمليات المعاملات الحرارية ، لأهمية ذلك في إعداد منتجات الحدادة للاستفادة منها إلى أقصى الحدود عند استعمالها . وفيما بعد تفصيل لعمليات المعاملات الحرارية .

معدات نقل المواد وتناولها

اجتازت معدات نقل المواد في ورش الحدادة الحديثة ، مرحلة هامة من مراحل التحسين والتطوير ، إذ تستخدم في أثناء أداء العمليات الإضافية الكثيرة ، التي يجب إجراؤها مع عملية الحدادة . ولا تغف الحاجة لاستخدام مختلف أنواع معدات على نقل المواد وتناولها في ورش الحدادة عند رفع المعدن قبل التشغيل ، وإحضاره إلى الأفران ، ثم إلى مكائن الحدادة حسب ، بل يتعدى إلى استعمالها في تحريك ونقل المعدن الذي أجريت عليه عملية الحدادة من مكان إلى آخر ، لأجراء العمليات

الإضافية اللازمة ، مثل تهذيب الأطراف ، وإجراء المعاملات الحرارية ، والسبك ، وتحديد الأبعاد وإعادة الطرق وغير ذلك من عمليات . وتجري عمليات السبك وتحديد الأبعاد وإعادة الطرق ، للحصول على منتجات بتفاوت صغير في أبعادها .

ويتوقف نوع معدات النقل المطلوبة على نوع المنتجات التي تشكل في ورش الحدادة ، من حيث استخدام أنواع القوالب المفتوحة أو المقفلة ، أو غير ذلك من أنواع عمليات التشكيل الأخرى ، التي تستخدم في الإنتاج الحديث . وتنقسم هذه المعدات قسمين : معدات يدوية ، ومعدات تدار بالقدرة الميكانيكية . وتشمل المعدات اليدوية مختلف العربات التي تجر باليد ، والمرافعات (الأوناش) بأنواعها ، ومنها المرافعات العالية . وتشمل المعدات الميكانيكية مختلف العربات الرافعة ، والجارات والمرافعات (الأوناش) وكذلك حصائر النقل .

ويجب في الحالات التي يلزم فيها تناول ونقل الأجزاء الكبيرة ، توفير وسائل مناسبة لنقلها من مكان لآخر في أنحاء الورش . وكذلك لنقل كميات الصلب التي تخزن في مخزن الصلب الفرعي في ورش الحدادة استعدادا لإجراء عمليات الحدادة . وهذا يتطلب وسائل مناسبة لتناول هذه الكميات ونقلها . وتنقل مثل هذه المواد بالمرافع (الونش) المتحرك ، أو المرافع (الونش) المجهز بذراع متحركة ، ويسير المرافع (الونش) المتحرك على قضبان متينة ، على ارتفاع مناسب على طول الورشة من أولها إلى آخرها . وأغلب استعمالات المرافع المتحرك ، يكون في تناول وتحميل الجزء المشغل تحت مطارق الحدادة . وتتكون من ذراع يتحرك حول عمود مجهز بأكية مناسبة لرفع وخفض الأجزاء . وكثيراً ما تعلق الأشغال الثقيلة في المرافع (الونش) من منتصفها ، إذا تيسر ذلك حتى تتوازن بقدر الامكان . وتستخدم مادة سلسلة متصلة دائرية لسند الجزء المعلق ، ليتيسر لف وأرجحة المعدن المعلق من ناحية لأخرى .

أسئلة للرجعة

- ١ — اشرح بإيجاز عملية الحدادة المتساقطة .
- ٢ — صف طريقة إدارة المطرقة المتساقطة .
- ٣ — ما مميزات منتجات الحدادة المتساقطة ؟
- ٤ — صف بإيجاز نوعي للطارق للمتساقطة .
- ٥ — ما الذى يحدد عدد خطوات التشكيل اللازمة في قوالب المطرقة للمتساقطة ؟
- ٦ — ما أحجام مطارق اللوح للمتساقط ؟
- ٧ — ما أحجام المطارق للمتساقطة البخارية ؟
- ٨ — ما هي قوالب التشكيل المغنطة ؟
- ٩ — تكلم بإيجاز ودقة على طاقة الضربة وأثر حدادة المطرقة .
- ١٠ — ما المقصود بسعة الحدادة ؟ ولماذا تتوقف على وزن المطرقة ؟
- ١١ — تكلم بإيجاز ودقة على الآتي : وزن المطرقة ، وزن السندان ، ونسبة السندان .
- ١٢ — إذا كانت الأوزان المتساقطة في مطرقة بخارية تساوى (١٦٠٠ رطلا) وقطر الأسطوانة (١٢ بوصة) وطول المشوار (٣٠ بوصة) وضغط البخار للتوسط (٨٠ رطلا على البوصة) واستمرت الرأس في التحرك مسافة تساوى (١٤ بوصة) بعد تلامس رأس المطرقة مع الشغلة أو القالب بسبب تغلغل المطرقة في المعدن وتحرك السندان . احسب متوسط قوة الضربة بالأطنان .
- ١٣ — أثبت أن الطاقة التى يمكن الحصول عليها في المطرقة المتساقط البخارية أكبر من التى يمكن الحصول عليها في مطرقة اللوح المتساقط ، إذا كانت جميع العوامل الأخرى ثابتة .
- ١٤ — ما هي الاشتراطات الأساسية التى يجب توافرها في أفران الحدادة الجيدة ؟

- ١٥ - اشرح بإيجاز فرنا من الأفران الحديثة التى بها حاجز واق .
- ١٦ - اشرح طريقة إدارة الأفران المجهزة بوسائل النقل والرفع التلقائية .
- ١٧ - تكلم بإيجاز ودقة عن مميزات طرق التسخين الكهربائية فى عمليات الحداثة .
- ١٨ - اشرح عمل مكابس تهذيب الأطراف فى ورش الحداثة .
- ١٩ - اذكر العماليات الإضافية التى تلى عمليات الحداثة بالطرق .
- ٢٠ - اذكر الغرض الذى من أجله تعامل منتجات الحداثة حراريا .
- ٢١ - اذكر بعض معدات نقل المواد المستعملة فى ورش الحداثة الحديثة .

الباب السادس

أمثلة للحدادة بالطرق على قوالب

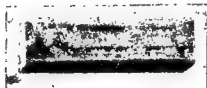
طريقة حدة ذراع توصيل كبيرة لمحرك ديزل

سبق أن شرحت طريقة إنتاج ذراع توصيل ، بوساطة قوالب التشكيل المقفلة بالحداة المتساقطة . ووضعت الطريقة بالرسم في شكل (٦) من الباب الخامس . كما شرحت جميع خطوات الحداة المتبعة شرحا وافيا ، فلا حاجة لإعادته هنا . وإنما سلتعرض بعض الأمثلة الأخرى في هذا الباب ، لنوضح كيفية استخدام قوالب التشكيل المقفلة ، لاستيلاد أحسن خواص للمعدن . وليس من المستحسن استخدام هذه الوسيلة ، بدلا عن طرق الإنتاج الأخرى ، إلا للنتجات التي تواجه مطالب خاصة في أثناء الاستعمال ، إذ أن الحداة ليست دائما أكثر وسائل الإنتاج اقتصادا .

يبلغ طول ذراع التوصيل هذا ، وهي في محرك ديزل ، أكثر من ثلاث أقدام ، ويزن (٨٥ رطلا) تقريبا . بينما طول ذراع التوصيل العادية في محركات السيارات ، المبين واحد منها في (شكل ٦) من الباب الخامس ، (١٤ بوصة) ، ويزن أربعة أرطال . ويجب ألا يتغير وزن العمود الموصل في محرك الديزل إلا في أضيق الحدود ، للحصول على توازن كامل عند تجميع المحرك . وفيما يلي شرح موضع بالرسم لمعدات الحداة ، وخطوات العمل المطلوبة لإنتاج هذا الجزء :

تبدأ عملية الحداة باختيار كتلة صلب مناسبة أبعادها $(4\frac{3}{4} \times 4\frac{3}{4} \times 18\frac{1}{2})$ ثم تسخن هذه الكتلة إلى درجة حرارة الحداة المضبوطة ، أي حوالي (٢٢٠٠ °ف) لتشكيل ذراع توصيل طولها (٣٨ بوصة) . وتعتبر عملية التسخين أولى خطوات الإنتاج . وتليها عدة عمليات ميكانيكية في مكابس أو مطارق الحداة ، باستعمال

قوالب مناسبة . ويبين شكل (١) قطعة المعدن الخام المستعملة في صنع الجزء المطلوب .



شكل (١) قطعة المعدن الخام

ويشكل جزء بارز في نهاية قطعة المعدن ليمسك منه باللقط ، فيمكن بذلك طرق نهايتها في القالب العلوى ، ثم يوضع المعدن المسخن في فجوة القالب الأسطوانية ويشكل المعدن بشكل القالب بضربات متوالية على القالب ، فيستطيل المعدن من أحد طرفيه ليكون ساق ذراع التوصيل . ويبين شكل (٢) قوالب للتشكيل



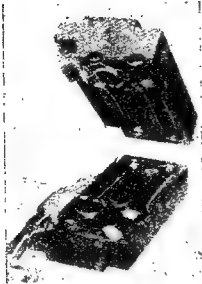
شكل (٢) عملية تدوير المقطع وضبطه

المبدئى والتكثيل ، وتستعمل في سلسلة من العمليات مبنية في الأشكال التالية .

وتلزم عدة أطقم من القوالب لإتمام عملية الحدادة . وتحوى القوالب المبنية في شكل (٢) التشكيل النهائى وتشكيل لإزالة المعدن الأصلى وتدوير مقطعه وضبطه . وتصنع القوالب بتحديد مكان التشكيل

في زوجين من قوالب التشكيل الأولى . وتحوى القوالب لتشكيل بشكل التطبيع المطلوب . وتشمل هذه العملية تشكيل تطبيع ، مبدئى بمحركات التفريز بالفريزة ، ثم تشكيل لتطبيع دقيق بالفريزة مع تشكيل بالحفر باليد .

ويبين شكل (٣) استخدام عملية الخصر لإيقاص مقطع الجزء الأوسط بين النهاية الكبرى والنهاية الصغرى ، والأخيرة نهاية للكبس في ذراع التوصيل . وذلك (٨) الماد

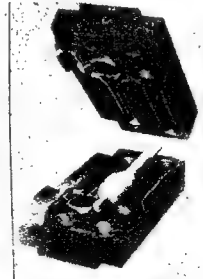


(شكل ٣) عملية الحصر

بطرق المعدن للسفن بين التجويفين العلوي والسفلي في القالب ، فيعصر المعدن إلى الخارج ويعد عن وسط القطعة الأصلية . ويبين الشكل إنقاص مقطع المعدن باستخدام البلمس لتشكيل الجزء صغير للمقطع من العمود دون المماس يتوزع المعدن في الأجزاء الأخرى .



(شكل ٥) عملية تدوير المقطع الثانية

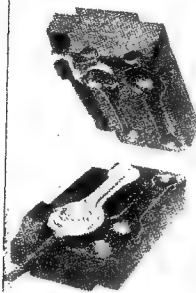


(شكل ٤) عملية التسطيح

ويبين (شكل ٤) عملية تسطيح النهاية الكبرى، بطرق المعدن على الجزء المستوي في القالب قبل عملية التكتيل ، والغرض من ذلك هو إرغام المعدن على اتخاذ شكل يقرب من شكل التكتيل ، ويأخذ المعدن في هذه المرحلة شكلا يقرب من الشكل النهائي .

ويبين (شكل ٥) عملية تدوير المقطع الثانية ، والغرض منها إنقاص مقطع الخام

وتجميعه بالكميات المطلوبة في كل جزء من أجزاء ذراع التوصيل ، كذلك لتنعيم وتسوية الأسطح غير المنتظمة . ويمكن تسكيت المعدن في فجوة الضبط بعد توزيعه في العملية السابقة ، فيصل للمعدن إلى جوانب القالب في آن واحد في جميع الاتجاهات .



(شكل ٦) عملية الضبط

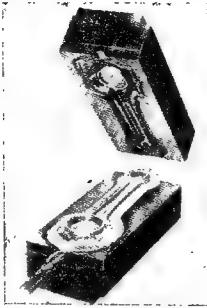
ويبين (شكل ٦) عملية التسكيت التي تغطي العمود للموصل شكله المحدود الأول ، وذلك بطرق للمعدن عدة مرات ، لإرفاقه على الانسياب داخل فجوة القالب فيملأها تماما في كل جزء من أجزاء الذراع . وتنساب حبيبات المعدن بالتشغيل على الساخن داخل القالب ويصبح المطروق متانة ملموسة .

وللمعادن طامة وللمصلب خاصة بنية بللورية في حالتها الصلبة ، وتنساب

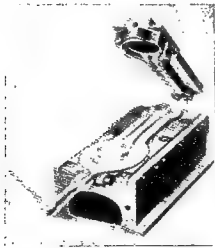
حبيبات المعدن البللورية عند تسخينه ، ويستمر الانسياب أثناء عملية الحدادة في قوالب التشكيل المقفلة فيخرج للننتج المعدني متيناً يقاوم الإجهاد .

وتولد عملية التسكيت في الذراع للتانة المطلوبة في النهاية التي في ناحية للرفق في ذراع التوصيل لمقاومة القوى للفاجئة التي تتعرض لها عند العمل في كل دورة من دورات للرفق .

وكذلك يبين (شكل ٦) آخر عملية تشكيل مبدئية ، تجري في أطقم القوالب الأولى ، وتظهر الزمان فحول العمود بعد تشكيله بعدة طرقات من الطريقة . ويراعى في عمليات الحدادة الجيدة أداء جميع العمليات للمبدئية بعناية وبطريقة صحيحة ، ضمنا لإنتاج منتجات مقبولة جيدة . ولقوالب التشطيب تجويقات تطابق للننتج النهائي تماما ، فتخرج للننتجات دقيقة في الوزن والأبعاد .



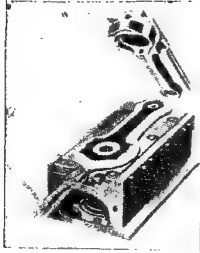
(شكل ٧) عملية التشطيب



(شكل ٨) عملية تهذيب الأطراف

ويجب إزالة الزخائف التي تتوالد حول ذراع التوصيل ، وذلك بعد عملية التشطيب للبيئة في (شكل ٧) ، باستخدام مكبس وقوالب تهذيب الأطراف . وبين (شكل ٨) عملية تهذيب الأطراف بقوالب تختلف في التصميم عن التي تستعمل عادة . وبالقوالب سنايك (خرامات) لتغريم نهاية ذراع التوصيل الكبرى ، أى التي في ناحية للرفق (الكرنك) ، وكذلك في النهاية الصغرى التي في ناحية للمكبس في ذراع التوصيل . ويسقط للنتج داخل قالب تهذيب الأطراف بعد إتمام عملية إزالة الزخائف وعملية الخرم . ويوضع الخرام (السنايك) للمستعمل في هذا القالب بطريقة تجعله يدفع الجزء للطروق على إحدى قطع الزخائف . ويجب قطع الزخائف بعد عملية التشطيب مباشرة عندما يكون للمعدن ساخناً .

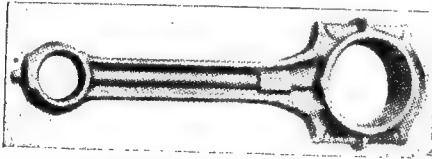
وبين (شكل ٩) قوالب تهذيب الأطراف بعد إزالة الزخائف ، وتظهر على إحدى قطع القالب الأسفل ، ويلاحظ سقوط ذراع التوصيل في فتحة القالب



(شكل ٩) الزعانف بعد إزالتها

الأسفل على قاعه ، ويثقب الخرام
أو السبك الكبير في فتحة القالب
الأمامية ، وهي طرف الذراع ناحية
للرفق ، بينما يثقب الخرام أو السبك
الصغير ذراع التوصيل في الطرف
(ناحية للكبس) ويخرج الذراع
من أسفل قالب قطع الزعانف ،
ثم يعالج للمعالجة الحرارية للناسبة
قبل التشكيل النهائي بمكنات
التشغيل .

ويبين (شكل ١٠) الجزء بعد إجراء عملية تهذيب الأطراف ، ويلاحظ أنه
لا يحتاج بعد ذلك إلا لقليل من التشكيل والتشطيب . ويعتمد ذلك على مهارة



(شكل ١٠) المطروق بعد عملية التهذيب

ودقة الصانع الذي يقوم بعمل قوالب التشكيل بالحدادة، وعلى خبرة الحدادين الذين
أدوا عمليات تشكيل الذراع الواصل ، فينتج بالوزن المطلوب للمعين .

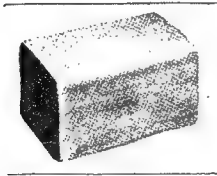
صناعة الأجزاء التي بها ثقب وجيوب ونجاويف

برغم صعوبة حدادة الأجزاء التي بها ثقب وجيوب ونجاويف ، فإن تطور
فنون أساليب الحدادة التكنولوجية يمر تشييل هذه للنتجات بنجاح كبير .

وخصوصا إذا عني العناية الكافية بالأداء في أثناء التشغيل ، وروعت الدقة في تصميم القوالب . وتنتج مطروقات كثيرة مليئة بالثقوب والتجاويف على للطريقة للتساقطة ، رغم الحدود الفيزيائية والليكانيكية الضيقة في مجال تشكيل المعادن . ويجب أن يكون أى ثقب أو منخفض أوسع عند أسفله منه عند أعلاه في أى جزء ينتج بقوالب الحدادة ، لتكون لجدرانه سلبية بزاوية تسمح بسحب القالب من الجزء المنكس فيه .

ويجب أن تكون القوالب بتصميم خاص ، وخصوصا عند تشكيل الأجزاء التي فيها بروزات خارجة من جسد الجزء . وتجرى عملية الحدادة بأسلوب فنى خاص حتى لا ينقطع انسياب ألياف البنية في أى نقطة . كما يجب اختيار أنسب معدات الحدادة لذلك . وخبرة العامل ومهارته أمر ضرورى ، ليتمكن من تقدير قوة الطرق للتساقطة المناسبة للعملية ، إذ يلزم أن تكون الطريقة كافية للتغلغل في معدن القطعة بأكملها في أثناء تشكيلها . ويجب أن تتوافر جميع هذه الشروط حتى تستولد في المعدن أجود الخواص الفيزيائية وخاصة في الصلب .

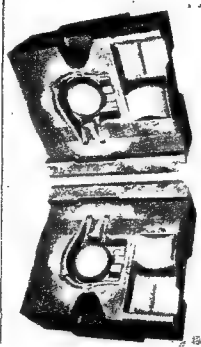
وبين شكل (١١) قطعة من الصلب مقطعا (٦ × ٦) وطولها (١٠ بوصات) مجهزة لتشكيل جزء به ثقب وجيوب وتجويفات . وبطبيعة الحال من الضروري تسخين القطعة إلى درجة حرارة الحدادة المناسبة المضبوطة قبل بدء عمليات الحدادة .



شكل (١١) قطعة من المعدن الخام

وبين شكل (١٢) قوالب تشكيل مقفلة للتكتيل تستعمل في تشكيل الجزء . وتشمل عمليات الحدادة : الحصر والدرفلة والتكتيل والتشطيب . والفرص من عملية الحصر تنقيص مقطع المعدن الذى تشكل عنده الأجزاء البارزة للميزة .

وتشكل الأجزاء المستديرة والأجزاء البارزة الصغيرة الأخرى مما تبقى من المعدن .



شكل (١٧) قوالب تشكيل منفلة

وتجرى عملية لف للقطع ،
وعملية تشكيل المعدن بعد عملية
الخصر . وتنقص عملية تدوير للقطع
كمية المعدن في هذا الموضع ، وتقربه
من شكل فجوة قالب التشكيل .
وعملية تدوير للقطع توزع المعدن
ويمكنه من ملء فراغات قوالب
الضبط تماما . وتتخذ للطروقات
شكلها المحدد الأول بعد عملية
التشكيل . ولكي ينساب للمعدن
ويتشكل ويتطبع بشكل القالب
يجب أن يطرق عدة طرقات متتالية

لينساب في الفراغ داخل القالب ويملاؤه تماما . وتلى عملية التشكيل عملية تقب
القطعة وتشطيبها .



شكل (١٤) المطروق المشطب بعد قطع الزعانف



شكل (١٣) المطروق النهائي وبه زعانف

وبين شكل (١٣) الجزء المطروق النهائي وبه الزعانف . وتستعمل قوالب تشطيب لتشكيل الجزء المطروق إلى أبعادها المضبوطة بالتفاوت المطلوب .

وتبقى بعد ذلك عملية قطع الزعانف وتقب الجزء الأوسط من الجزء المطروق ، وتستعمل قوالب قطع الزعانف في هذه العملية ، وبين شكل (١٤) الجزء المطروق للشطب بعد قطع الزعانف والثقب . فيصبح الجزء الآن معدا لمعاملته حراريا . ويعد هذا المطروق مثلا جيدا لقطعة معقدة صعبة، منتجة بالحداثة . وترجع صعوبة حداثة مثل هذه القطعة إلى دقة وصغر سمك جدار الجزء الأسطوانى والأجزاء البارزة ، لذلك يصعب تصميم تجهيزات وثنايا القالب الداخلية ، كما يتعسر تنظيم العمليات بحيث ينساب المعدن تحت تأثير الضغط داخل فراغات القالب ويملاها تماما . ومع ذلك إذا صمم القالب بطريقة صحيحة ، وأجريت عمليات التشطيب بدقة ، يقل تفاوت أبعاد القطعة النهائية . وبهذا تقل عمليات التشطيب بمكنات التشغيل إلى الحد الأدنى ، كما تنخفض تكاليف اليد العاملة ، كذلك تتوازن مقاومة القطعة مع متانتها ، وذلك بتركيز كثافة الجزيئات وخطوط الانسياب عند مواضع الإجهادات العالية . وتحقق هذه الخواص المرغوبة في المنتجات بدراسة عمليات التشكيل للتنبأ به ، دراسة وافية قبل إجرائها .

صداة القطع ذات الجدران الرفيعة

ويجب في كثير من الأجزاء ذات الجدران الرفيعة أن تكون نسبة مقاومتها إلى وزنها نسبة عالية . وتشكل هذه القطع بمهارة بالحداثة حتى يصبح تفاوت أبعادها صغيرا ، فتقل كمية التشغيل بالمكنات وكمية التشطيب اللازمة . ويمكن إنتاج المقاطع الدقيقة بتقنين وزن الطروقات تنقيصا كبيرا ، دون أى تضحية في مقاومتها ، إذا أن عملية الحداثة تضغط المعدن الساخن إلى كتلة كثيفة ذات مقاومة أكيدة تجعلها أكثر مرونة وتزيد مقاومتها للتآكل . ويجب التحكم في درجة الحرارة بدقة ، وطرق للمعدن الساخن طرقا مريما لتتناسق كتلته وأبعاد

مقاطعة الرقيقة كذلك ولتجنب التشغيل على البارد . ويرد المعدن في القالب بسرعة كبيرة في الأجزاء ذات اللقاطع الرقيقة . وكثيرا ما تتعرض مثل هذه المطروقات لإجهادات الصدمات ولتبدلات عنيفة . ويجب عند تشكيل مطروقات لتتحمل هذه المؤثرات أن توزع عمليات الحدادة بعناية ، وتصمم القوالب تصميميا مضبوطا . فإذا روعيت جميع هذه الاشتراطات تتحسن خواص المعدن الفيزيائية الأصلية به أيما تحسن .

ويبين شكل (١٥) قطعة من المعدن قطرها بوصتان وربع بوصة وطولها (١٤ بوصة) لإنتاج قطعة من القطع المشكلة بالحدادة .



شكل (١٥) خامة معدنية معدة للتشكيل

ويبين شكل (١٦) قوالب تجاوبها مشكلة تشكيلا مضبوطا لتشطيب هيكل مكنة



شكل (١٦) قوالب التشكيل النهائي تبيّن فيها فجوات وثنايا

للبرشمة . ولا يلزم بعد حدادة هذا الجزء وقطع زفافه إجراء أية عملية تشكيل بالمسكنات سوى ثقب ثقبى السرتين عند النهايتين .

وبين (شكل ١٧) عملية المخصر ، وهى أول عملية من عمليات الحدادة . وتنقص هذه العملية من مساحة مقطع المعدن ، فتزيد في طوله إلى الطول المطلوب ،

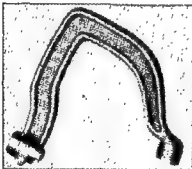


(شكل ١٧) عملية المخصر الأولى

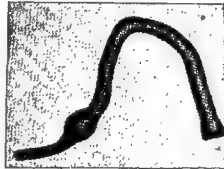
بينما يتجمع المعدن عند النهايتين لتكوين السرتين . ويلاحظ في هذه العملية استطالة في ألياف البنية .

وبين (شكل ١٨) للمعدن بعد تشكيله بالثنى ليطابق شكل تجاوزيف وثنائيا قوالب التشطيب . والغرض من ثنى المعدن هو تجنب انكسار ألياف البنية عند أى نقطة على طول القطعة .

وآخر عملية حدادة هى تشكيل المعدن للثنى في قوالب التشكيل النهائى المضبوطة . وتزال الزانف التى حول الجزء المطروق في قوالب تهذيب الأطراف



(شكل ١٩) المطروق بعد تهذيب الأطراف



(شكل ١٨) المعدن بعد الثنى

ولا يبقى سوى عملية قفت تقى السرتين عند الهاتين لتمام القطعة استعمالاً لاستعمالها. وإذا وزعت عمليات الحداودة بطريقة صائبة وصممت قوالب التشكيل للقفلة بدقة تصبح لنتجتها مقاومة كبيرة إذا تعرضت للاستعمال العنيف . ويتحقق تجميع أو تركيز ألياف البنية في المعدن إلى كتلة كثيفة فيها للمقاومة وللتانة بضربات مربعة بالمطرقة . وللمنتج الذى يشكل بهذه الطريقة له مقاومة كبيرة للصدعات ومقاومة لإجهادات الإلتواء التى تتعرض لها القطعة فى أثناء الاستعمال . وتقل خطوات الحداودة السابق شرحها من كمية للمعدن لأن نسبة مقاومة القطعة إلى وزنها نسبة عالية . كما أنه لا يلزمها عمليات تفطيط بمكنات التشغيل ، وبين (شكل ١٩) للطرق الهأى بعد إزالة الزعاف .

مراودة الأجزاء المعرضة للصدعات ولضعف تسبب تعب وكلال المعدن

يجب أن تصنع القطع التى تتعرض للإجهادات للعقدة التى تنشأ عن الصدمات ، وكذلك للإجهادات للتذبذبة للتغيرة والأحمال للترددة للنعكسة من معادن جودتها عالية . ويجب عند تصميم وإنتاج مثل هذه المطروقات اتباع القاعدة الآتية :

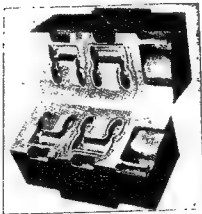
« يجب الحصول على أقصى مقاومة من وزن للمعدن الموجود » . ويُصنع بصنع أجزاء الأليات وأجهزة التحكم والإدارة التى تتعرض لإجهادات عالية والتى تعمل دون توقف أو انقطاع بتشكيلها بأساليب الحداودة . وخصوصاً إذا توقفت على كفاية أدائها سلامة الأشخاص . وأساس هذه التوصية والنصح هو أن خواص المطروقات الميكانيكية التى تتوقف على مطولية المعدن (قدرة للمطروقات على الاستطالة والتناقص فى مساحة للقطع ومقاومة لإجهادات الصدمات ... الخ) تتحسن فى الاتجاه الطولى إذا استعملت على الساخن مع بقائها ثابتة تقريباً فى الاتجاه العرضى . كما يظل كل من الحد الأقصى لمقاومة الشد ومقدار إجهاد الخضوع ثابتاً فى الاتجاه الطولى والاتجاه العرضى على السواء .

وتكرار الإجهادات للترددة يسبب فى آخر الأمر تعباً وكلالاً فى المعدن إلا إذا عومل حرارياً بطريقة صحيحة . وإذا تعرض جزء لمثل هذه الإجهادات

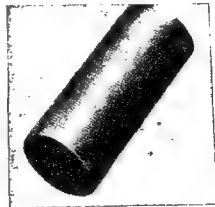
فإن المنطقة التي تقع عليها الأحمال للترددة تقع تحت تأثير الشد تارة والضغط تارة أخرى. وإذا شكل الجزء بالحدادة باستخدام وسائل الحدادة المضبوطة واستخدمت قوالب جيدة التصميم أصبح لبنية المطروق تكوين ليني سليم. وإذا لم تستوف جميع هذه الاشتراطات يتعرض في أثناء الاستعمال الجزء المطروق للكسر والانهار لأي عيب خفي غير ظاهر منه. ويجب تجنب توليد الأركان الحادة عند تصميم المطروقات على قدر المستطاع، لأن هذه الأركان هي أكثر مسببات الإنهار والإكسار إثر تمب وكلال المعدن.

وبين شكل (٢٠) خامة للتشغيل معدة لتشكيل توصيلة عربية بالحدادة من خامة قضيب إسطواني. بعد تسخين الخامة إلى حالتها العجيئية يسحب جزء مناسب منها ليسهل تماسكه باللقط عند أداء عمليات الحدادة التالية وتصبح القطعة معدة للتشكيل بالقوالب.

يصمم قالب تشكيل واحد لإجراء جميع عمليات الحدادة لتشكيل الجزء المطلوب بحيث يحدث توزيع للمعدن بطريقة تبقى خطوط انسياب بنيته دون تغير حتى تزداد مقاومة المعدن للإجهادات. وإذا اتبعت خطوات الحدادة بالقوالب لتحقيق هذه النتائج، يصبح للجزء المنتج أقصى مقاومة للإجهادات عند استعماله. وبين شكل (٢١) القالب المستخدم في حدادة توصيلة العربية.



شكل (٢١) قوالب تشكيل مفصلة



شكل (٢٠) خامة معدنية



شكل (٢٢) القطة بعد تشكيلها النهائي

وبعد سحب الجزء المعد لإمساك الخامة وهي ساخنة بالقط ، تجري أول عملية تشكيل لتحديد نهاياته أو أطرافه ليناسب القالب ، ثم تنهى نهايتا الخامة لتتكفيا لملء فراغات القالب في اللواضع التى تتشكل فيها أجنحة التوصيلة . ويتم في هذه المرحلة توزيع المعدن توزيعا يكون ألياف البنية حسب المطلوب ، ثم تجري عملية

التشطيب في قوالب ، ويخرج الجزء بالشكل والسطح للشطب اللطولين ، وبذلك تقل كمية عمليات التشغيل بالمسكنات وكذلك عمليات التشطيب عالية التكاليف ، إلى أقصى حد . كذلك يتم في قوالب التشطيب زيادة جودة المعدن الضرورية ليصبح عند الاستعمال متينا ، ويقاوم الإجهادات إلى أقصى حد مستطاع . وبلى هذا عملية تهذيب الأطراف على الساخن لإزالة الزائفة التى تكونت في أثناء عمليات التشكيل بالحداثة . وبين شكل (٢٢) القطة بعد تهذيب أطرافها . وتزن هذه القطعة (١٤ رطلا) .

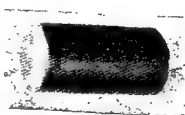
تشكيل كريات كراسى دورانه من الصلب بالحداثة

التشكيل بالحداثة على الساخن أو على البارد هو أول عملية يخرج بعدها الصلب على شكل كرية . وتستخدم الحداثة على الساخن في تشكيل الأحجام المميّزة . لتشكيل كريات الصلب بالحداثة ، يقطع سلك من الصلب بقالب قطع خاص ثم تشكل



شكل (٢٤)

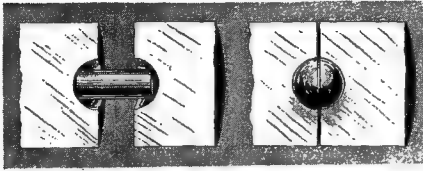
الكرية بعد التشكيل الأول



شكل (٢٣)

قطعة من السلك مهيأة لتشكيل لصبر كرة صغيرة (كرية)

قطع السلك الصغيرة إلى شكل كروي تقريباً، وتظهر واحدة منها في (شكل ٢٣) وهذا الشكل يبين جزئاً قالب في كل منهما تجويف على هيئة نصف كرة، وتضبط أبعاد قطر وطول قطعة السلك حتى تتشكل الكريات بأقل ما يمكن من الزوائد أو الزعاف. ويبين (شكل ٢٤) الكرة بعد تشكيلها الأول. ويبين (شكل ٢٥) قالب التشكيل المستعمل في ذلك.



(شكل ٢٥) قوالب التشكيل

وبانتهاء عملية التشكيل هذه تمتاز الكرة مرحلة هامة من مراحل إنتاجها، وتتولد من هذه العملية إجهادات داخلية في الكرة يجب إزالتها بمعاملتها حرارياً، بتسخينها في أفران خاصة ثم تبريدها ببطء إلى درجة الحرارة العادية.

ثم تجليخ الكرة بعد المعاملة الحرارية تجليخاً ابتدائياً في مكينات تجليخ خاصة (بدون ذب) يوضع الكرة ملتصقة بجانب عملة التجليخ بواسطة ترتيبية خاصة ضاغطة، فتدور الكرة في عكس اتجاه عملية التجليخ في مسار يساعد على تسوية سطح عملة التجليخ باستمرار. وتخرج الكرة بعد هذه العملية غير كاملة التكور بتفاوت في قطرها مقداره بعض أجزاء من الألف من البوصة، كما يزيد حجمها عن الحجم المطلوب كثيراً.

وتتلو هذا عملية معاملة الكريات حرارياً معاملة مضبوطة لتصبح في منتهى الصلادة مع متانة كبيرة. وهذه العملية عبارة عن تسخين الكريات تسخيناً منتظماً



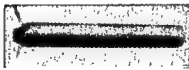
شكل (٢٦)
الكريّة في حالتها النّتيّة
بعد التّشذيب

إلى درجة حرارة معينة مضبوطة . ثم تسقى في الزيت أو الماء حسب حجم الكريات . ثم بعد ذلك تجرى عليها عملية مراجعة في فرن كهربى .

ثم تختم عمليات صنع الكريات بتجليخها نهائيا وتحضيرها ثم تلميعها . ويلزم التفتيش على الكريات بعد ذلك تفتيشا دقيقا قبل استعمالها . يبين شكل (٢٦) شكل الكرية .

تشكيل قطع غير منظم الشكل (عدد منها في آن واحد)

تتحقق حدادة عدة أجزاء في آن واحد اقتصادا في المعدن ، كما تحقق تشكيلا جيدا على الساخن خصوصا إذا كان شكل القطع مناسباً لتشكيل جزء أو جزئين في وحدة واحدة . وتفضل بطبيعة الحال القطع المختلفة في عملية تهذيب الأطراف وفصل الزعانف . وتزيد عملية تشكيل عدة قطع في آن واحد في سرعة الإنتاج كما تسهل عملياته ، إذ تجمع هذه القطع ذات الأشكال غير المنتظمة لتكون مجموعة مناسبة بحيث تسهل تصميم قوالب التشكيل . وكثيرا ما تحقق هذه الطريقة اقتصادا في كمية المعدن ، كما تقلل من تآكل القوالب فتطيل حياتها النافعة . وتستهمل كثيرا طريقة تجميع القطع التي يمكن أن تتوافق في وحدة واحدة للاقتصاد في تكاليف التشغيل . ومن المؤكد أن تجميع مثل هذه القطع في وحدات يزيد في سرعة الإنتاج دون اللباس بمجوده . وتستعمل طريقة تجميع القطع في وحدات بنجاح في إنتاج منتجات كثيرة منها



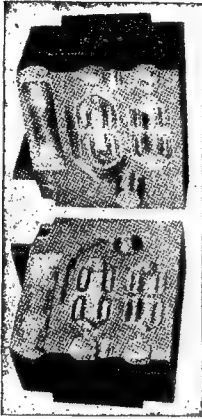
شكل (٢٧) خامة معدة للتشكيل

مثلا : حاملة دليلية من الصلب الكريوى ،

إذ تفكّل إثنين منها في وقت واحد من قضيب اسطوانى مقطوع إلى الطول المطلوب

كما هو مبين في شكل (٢٧)

ويبين شكل (٢٨) غالبا تظهر فيه فجوات وثنايا التشكيل اللازمة لتشكيل حاملتين دليليتين في آن واحد .



(شكل ٢٨) قوالب تشكيل متلفة

وتجرى العمليات الحرارية اللازمة بمد تسخين القضيبي إلى درجة حرارة الجدادة الممينة بالضغط. والعملية الأولى عبارة عن تكسيح القضيبي المسخن لتحديد الأطراف، لإعداد نهايته لتشكيل المرتين وترك كمية كافية من المعدن في وسط القضيبي لتشكيل القنوات والمفتحيات.

ثم تجرى العملية التالية داخل القالب . وبذلك يوزع المعدن توزيعاً منتظماً فيمسلاً فراغات القالب دون أن يتغير اتجاه خطوط الإنسياب في المعدن المطروق . وتشكل القطع في هذه العملية تشكياً ابتدائياً .

وتنتهى إلى شكلها النهائى المضبوط الأبعاد، في فراغات قالب التشطيب . وتخرج القطع بعد هذه العملية بسطوح جيدة تقلل من عمليات التصفيل بالمسكنات إلى أدنى حد . ويبين شكل (٢٩) القطعتين المشكلتين . وتلاحظ الزوائد والزائف حولها .

وتزال الزوائد أو الزائف على البارد في مكبس تهذيب الأطراف . وبعد إزالة الزائف يزال المعدن من حول للفقييات (المجارى) والنتوآت بالتخريم بالسبك على البارد، ثم يشق ثقب الوسط ويكثف بعملية تكييف الثقوب . ويوزع المعدن توزيعاً منتظماً في أثناء العمليات الأولى، فيحقق أقصى متانة في الجزء لمقاومة الإجهادات

العالية في أثناء الاستعمال . وبين الجزء الأيمن في شكل (٣٠) القطعة بعد إزالة الزوائد والزعانف عنها ، وبين الجزء الأيسر القطعة بعد إزالة المعدن من المشتبيات (المجارى) باستعمال السنبك على البارد .



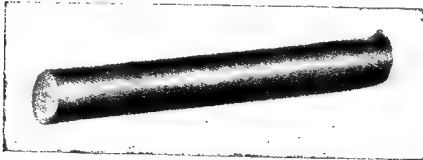
(شكل ٣٠) مطروقات مثبته



(شكل ٢٩) مطروقات عملية التشكيل النهائية .

تشكيل القطع الفنية والقطع التي بها بروزات ونشوات بالحدادة

يلزم لتشكيل القطع التي تحتوى على إنحناءات وبروزات ونشوات، استخدام قوالب تشكيل مصممة تصميماً دقيقاً . كما يلزم لتشكيلها وسائل من نوع خاص . ومثال لذلك يد إدارة ، شكلت بأساليب الحدادة العادية . وتبين الصور المرفقة عمليات الحدادة التي تلزم لتشكيل هذه اليد . ويجب تخطيط العمليات بدقة ، بحيث يملأ المعدن للسفن فجوات القالب تماماً ، وبحيث يتكون في أثناء التشكيل ، النسياب للألياف غير منقطع ، في المناطق التي تتعرض للإجهادات العالية عند الاستخدام . ويقع أحد مواضع هذه الإجهادات في الزاوية القائمة التي في يد الإدارة هذه . وبين (شكل ٣١) خامة معدنية اسطوانية ، قطرها ٢٥ ر ١ بوصة ، يكفي طولها



(شكل ٣١) خامة من المعدن



(شكل ٣٢) قوالب تشكيل مقعدة

لمصانة ثلاث قطع . ويبين (شكل ٣٢)
قالب التشكيل الوحيد للمصم لحدادة
هذه اليد .

وتشكل القطعة في التفجوات
الأربع ، التي في قوالب التشكيل للمقعدة ،
وتجرى عمليات الحدادة بالترتيب
الآتي :

يبدأ القضيبي المسخن أولاً
لتشكيل جزء القطعة الرقيق ، بينما
يركز للمعدن الزائد لتشكيل السرة
العليا فيما بعد ، ثم يلي هذا ، عملية
الخصر ، لإطالة القضيبي لتشكيل الساق
وطرف اليد ، ويكتل للمعدن في ثالث
عملية أي تشكل القطعة ، وتتكون زاوية اليد القائمة دون مساس باستمرار
إنسياب الألياف في بنية للمعدن .

ويبين (شكل ٣٣) القطعة بعد العملية الرابعة ، التي ينتج منها الشكل والحجم
النهائي والتشطيب السطحي المطلوب ، وذلك في قالب تشكيل التشطيب النهائي .
ثم تزال الزعانف للتسكونة من عصر للمعدن بين سطحي القالبين ، عند إمتلاء فجوات
القالب بالمعدن ، وذلك باستخدام قوالب تهذيب الأطراف في مكبس خاص .

ويستعمل ذراع اليد بعد إزالة الزعانف لإنهاء عمليات الحدادة . ولا يلزم الجزء
للطرق تشغيل أو تشطيب كثير بالمسكنات ، إلا في صنع الثقوب . وتحقيق طريقة
تصميم قوالب التشكيل للمقعدة ، بقاء خطوط الإنسياب مستمرة دون إقطاع ،
إلى نهاية عمليات الحدادة والتشكيل . وعمليات الحدادة تحسن للمعدن في جميع
الاتجاهات ، وتبقى فيه متانة لمقاومة أقصى إجهادات يتعرض لحوشها في أي موضع

منه في أثناء الاستعمال . ويبين (شكل ٣٤) للطروق النهائي بعد تهذيب أطرافه واستعداده .



(شكل ٣٤)

نفس المطروق بعد تهذيب الأطراف



(شكل ٣٣)

التشكيل النهائي

أسئلة للمراجعة

- ١ - صف بإيجاز العمليات الميكانيكية للنتابعة ، التي تلزم لحدادة ذراع توصيل في محرك ديزل ، هذه الذراع مبنية في الأشكال (١ - ٢ - ٣ - ٤ - ٥) من هذا الباب .
- ٢ - صف بإيجاز العمليات للنتابعة للحدادة ذراع التوصيل المبنية في الأشكال (٦ - ٧ - ٨ - ٩ - ١٠) من هذا الباب .
- ٣ - ما هي الوسيلة المستعملة في حدادة أجزاء بها ثقوب وفجوات عميقة ؟
- ٤ - صف بإيجاز عمليات الحدادة للنتابعة لتشكيل جزء به ثقوب وجيوب وفجوات ، هذا الجزء مبين في أشكال (١١ - ١٢ - ١٣ - ١٤) من هذا الباب .
- ٥ - صف بإيجاز عمليات الحدادة للنتابعة لتشكيل قطعة بها أجزاء رقيقة ، وهذه القطعة مبنية في الأشكال (١٥ - ١٦ - ١٧ - ١٨ - ١٩) من هذا الباب .
- ٦ - أذكر بعض ما ينصح به لحدادة أجزاء تتعرض لإجهادات صغيرة منعكسة متكررة .
- ٧ - صف بإيجاز عمليات الحدادة للنتابعة لصناعة توصيلة عربية ، وهذه مبنية في الأشكال (٢٠ - ٢١ - ٢٢) من هذا الباب .
- ٨ - صف بإيجاز عمليات الحدادة للنتابعة لصنع كرية من كريات محاور الدوران مصنوعة من الصلب . وهذه مبنية في الأشكال (٢٣ - ٢٤ - ٢٥) من هذا الباب .
- ٩ - صف عمليات المعاملة الحرارية اللازمة في صنع كريات الصلب ، وكذلك عمليات التشطيب الأخرى .

١٠ - ناقش إمكانيات تشغيل عدة قطع غير منتظمة الشكل في آن واحد بوسائل الحدادة .

١١ - ما الاشتراطات المطلوبة لتخطيط عملية تجميع وحدادة قطع مختلفة ؟

١٢ - صف بإيجاز عمليات الحدادة المتتالية لحدادة عدة قطع في آن واحد وهذه القطع مبينة في الأشكال (٢٧ - ٢٨ - ٢٩ - ٣٠) من هذا الباب .

١٣ - إذكر بعض الإرشادات التي يجب إتباعها لحدادة قطع منحنية بها بروزات وتواءات وأجزاء منثنية .

١٤ - صف بإيجاز عمليات الحدادة للنتابعة لحدادة (يد إدارة) ، وهذه مبينة في الأشكال (٣١ - ٣٢ - ٣٣ - ٣٤) من هذا الباب .

الباب السابع

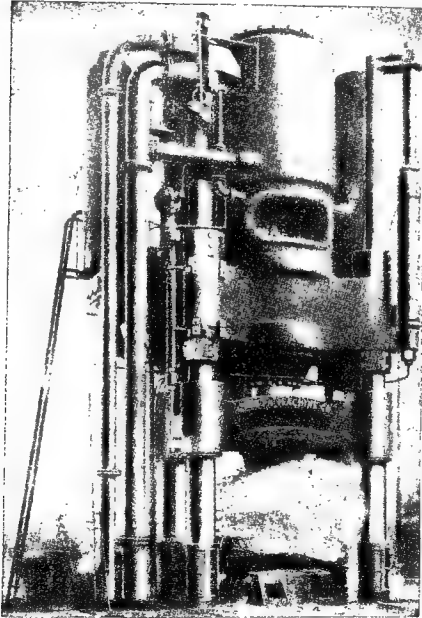
الحدادة بالضغط

عمليات الحدادة بالضغط باستخراص القوالب المسطحة وقوالب التشكيل المقلدة

الحدادة بالضغط، عبارة عن عملية عصر بطيئة، لتشكيل المعدن العجيني إلى الشكل المطلوب . ويسمح ضغط المعدن البطيء بالانسياب للعجن . ويستمر هذا الانسياب داخل المعدن بعمق كبير . ويتراوح الضغط على المعدن المسخن فيما بين (طن واحد و ٢٥ طنا على البوصة للرزمة) . وتستعمل غالبا الكابس الهيدرولية في هذه العملية . ويمكن تشكيل للطروقات الكبيرة نوعا بمكابس أصغر بكثير من المطارق الكبيرة اللازمة للتشكيل بالطرق . ويؤثر الضغط في المعدن تأثيرا عميقا ، وهذا لازم في التشكيل الجيد بالحدادة فيُشغَل الجزء الداخلي من مطروق كبير الجرم تشغيلا أجود مما لو استعملت المطارق فيه .

وتستخدم المكابس الهيدرولية في حدادة الشبكات السداسية أو ثمانية الجوانب التي يصل وزنها أحيانا إلى (٢٥٠ طنا) . كما تستعمل هذه المكابس في عمليات الكبس والتخريم والتثقيب الواسع في الأجزاء الكبيرة ، وفي سحب الأسطوانات كبيرة الحجم الطويلة ، على الساخن . وتشمل عملية التثقيب الواسع إختراق شبق ساخن ، ثم تشكيله على ساق (شاقة) لتكوين إسطوانة مجوفة كما في أنابيب المدافع وما يشابهها ، وأعمدة المرافق (الكرنكات) الكبيرة التي يصل وزنها أحيانا ٥٠ طنا ، وأعمدة الإدارة كبيرة القطر ، وقصان الغلايات (المراجيل) ، ومدافع البحرية التي يصل قطرها إلى ١٦ بوصة ، أمثلة للطروقات الكبيرة التي يمكن تشغيلا بمكابس الحدادة الهيدرولية ، وبين شكل (١)

شبق كبير من الصلب سداسى للقطع فى مكبس حدادة هيدرولى فى أثناء التشكيل .
ويصل ضغط بعض المكابس الكبيرة للستعملة فى حدادة القطع الكبيرة
إلى ما يزيد على ١٥٠٠ طن .



(شكل ١) تشكيل شبق وزنه ٢٠٠٠٠٠ رطل فى مكبس حدادة هيدرولى

وتستعمل القوالب من النوع المفتوح غالباً في أساليب التشكيل بالحدادة بالضغط . وتشكل القطع التي تشغل بالقوالب من النوع المفتوح ، بقوالب مسطحة أو قوالب بها مجار بسيطة ، أى إن هذه القوالب تخلو من التنايا والتواءات .

ويمكن استخدام عمليات الحدادة بالضغط في إنتاج الأجزاء الصغيرة والمتوسطة الحجم ، ذات الأشكال البسيطة باستخدام قوالب التشكيل المقفلة . ولا يلزم لذلك إلا شوط واحد من رأس المكبس لتشكيل معين في القالب . وتشكل هذه التنايا والفجوات بالمكائنات بحفرها في سطح القالب . وتنقل معظم طاقة مكبس الحدادة إلى المعدن ، في حين تمتص المكينة وأساساتها معظم الطاقة في حالة استعمال المطارق المتساقطة . ويمكن إنقاص حجم المعدن المطروق بعمليات الحدادة بالضغط ، في مدة أقصر مما لو استعملت عمليات الحدادة المتساقطة . ويعتبر هذا من أهم مميزات الحدادة بالضغط . الأمر الذي يقلل من تكاليف اليد العاملة . ومنتجات الحدادة بالضغط ، أدق من منتجات وسائل الحدادة المتساقطة . ولكن مقابل ذلك فإن الحدادة المتساقطة أكثر اقتصاداً في إنتاج الأجزاء غير المنتظمة ، أو ذات الأشكال المعقدة . وتكون المكابس نفسها إما ميكانيكية أو هيدرولية . كما أنه يمكن تشكيل المعادن الحديدية وغير الحديدية بهذه الطريقة .

القطع المشكلة بقوالب التشكيل من النوع المفتوح

تصنع هذه المطروقات من القطع المشكلة بقوالب التشكيل ، باستعمال القوالب التي من النوع المفتوح ، فيضغط المعدن المسخن بين جزئى قالب التشكيل المسطحين ، أو الذي بهما مجرى بسيط على شكل (٧) ، أو على شكل نصف دائرة ، أو نصف بيضاوى . كما يمكن تشطيب وضبط أبعاد المنتجات باستخدام بلص أو آلات مائلة تضغطها القوالب . وأهم مزايا هذه العملية هى مطاوعتها ومرونتها . وتنحى خواص المعدن الجيدة ، التي يمكن التحكم فيها بتخطيط عمليات الحدادة ، بحيث ينتج عنها أجود مجموعة من الخواص المفيدة ، كما تعين كمية واتجاه تشغيل المعدن على الساخن ،

خواص المعدن التي تحقق أقصى فائدة عند الاستخدام وتقدر الخواص الميكانيكية لهذه القطع عادة باختبار عينات خاصة ، تؤخذ من مواضع معينة بحجم المطروقات . وتنتج المطروقات بالقوالب المفتوحة ، بإحكام وأشكال متعددة بالطريقة السابق وصفا . وتخصص هذه المطروقات للاستعمال في الصناعات المختلفة ، في الأحوال التي تكون فيها أكثر ملاءمة من المطروقات المشككة بقوالب التشكيل من النوع المقفل . وتشغل بعض المطروقات المخصصة لأغراض خاصة ، مثل الكتل التي تصنع فيها قوالب التشكيل (خامة قوالب التشكيل) . ويختار المنتج أنسب وسائل التشكيل والتشغيل وطرقها مستندا إلى خبرته ، لإنتاج قطع تؤدي عملها المخصصة له على أم وجه . ويبين شكل (٢) إحدى خطوات تشكيل خامة قالب من قوالب التشكيل. ولا تستخدم إلا أجود أنواع الصلب في إنتاج خامة هذه القوالب .



(شكل ٢) تشكيل خامة قالب تشكيل

وتصنع خامة القوالب عادة من صلب الأفران الكهرمية . وتزن شبقات الصلب التي تصنع منها عادة فيما بين (٣ و ٢٠ طناً) مقطعة مربع ، وأركانها مستديرة . وتحول الشبقات إلى كتل مسطحة وكتل مربعة ومسطحات ، ثم يعاد تسخينها ويدرفلها إلى شكلها النهائي . وتجري التحليلات الكيماوية والاختبارات الفيزيائية ، على كل سبكة من الصلب ، قبل تحويله إلى خامة لقالب التشكيل . وتشمل عمليات التحويل الأولى ، الحدادة بالضغط أو الكبس ، لينساب المعدن في ألياف في الكتل مما يحسن خواصه الفيزيائية . وتضبط عملية تبريد خامة القالب بعد عمليات الحدادة



(شكل ٣) جزئى قالب من قوالب التشكيل
من النوع المفتوح

بطريقة علمية ، لإفلال إحتمال حدوث تشققات أو تقلقات حرارية فيها ولإعدادها لعمليات المعاملة الحرارية التي تلى ذلك . والتحكم الدقيق في المعاملة الحرارية ضرورية لابد منها حتى تتغلغل الصلادة وتتناسق في المعدن . ويبين شكل (٣) جزئى قالب تشكيل من النوع المفتوح ، منتهية ومشطبة ومصلدة (مقساة)

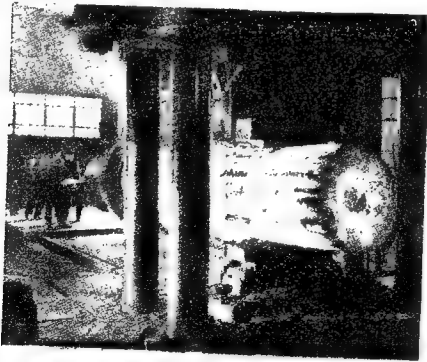
ومراجعة حراريا . صنع هذا القالب بتشكيل كتل من صلب السبائك باستعمال قوالب التشكيل من النوع المفتوح .

ويجب أن تصنع المطروقات عالية الجودة والمخصصة للاستعمال الثقيل من صلب السبائك الخاص . كما يجب توافر الخبرة الفنية والوسائل الحديثة لاستيفاء الشروط سائلة الذكر . وتستعمل مطروقات مصنوعة من سبائك الكروم والنيكل والموليبدوم ، أو ما يعادلها لقدرتها على مقاومة الاجهادات العالية ، ولتحملها

للوثرات التي تستولد تعب المعادن وكلاهما ، التي تتعرض لها في الممكنات الثقيلة الحديثة . وتصنع هذه المطروقات في مكابس هيدرولية تعمل بضغط تتراوح فيما بين (٣٠٠ و ٢٠٠٠ طن ويزيد) لاستخدام قوالب من النوع المفتوح .

ويجب إتخاذ جميع الإحتياطات ، للتأكد مما يحدث داخل الشبكات وغيرها من الكتل التي تحت التشغيل ، لذلك تعامل حراريا بطريقة مضبوطة بعد عمليات التشغيل على الساخن . وتشمل المعاملة الحرارية تخمير المطروقات قبل تشغيلها بالممكنات ، ثم تصليدها (تقسيتها) بعد التشغيل ، بسقيها في الزيت أو استعمال بنيتها في الهواء ، تبعا للخواص الموضوعة لنوعها . وبين شكل (٤) مكبس حدادة قدرته (٢٠٠٠ طن) في أثناء تشكيل عمود ترتيبية تروس لتخفيض السرعة من شبق قطره ٥٤ بوصة .

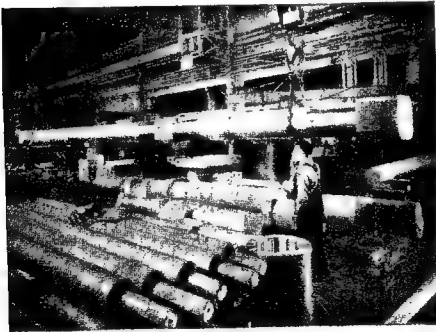
وتصنع مطروقات كثيرة من صلب عالي الجودة ، بالقوالب المفتوحة ، كالأوعية



(شكل ٤) مكبس حدادة قدرته ٢٠٠٠ طن

وقصان اسطوانات المحركات أو الكباسات المستعملة في عمليات الشبكات ، وأعمدة مرافق مكابس تهذيب الأطراف ، ومكابس التخريم ، ومكابس التشكيل ، وكباسات مكينات تشكيل المسامير ، والمحركات والمضخات ، وأعمدة دوران جميع أنواع المكينات الثقيلة ، وأعمدة أعضاء التأثير في المكينات الكهربائية ، وأعمدة دوران التروس الكبيرة الثقيلة ، وأعمدة إسطوانات الدرفلة وخاصة قوالب تشكيل اللدائن ، والقوالب الخام وقوالب التشكيل بالسباكة ، ومحاور عجلات القاطرات ، وأعمدة المرافق ، وأعمدة الكباسات . ويتراوح وزن هذه المطروقات فيما بين بضعة أرتال وخمسين طناً .

ويبين شكل (٥) أمثلة لعدة مطروقات ثقيلة ، معدة للتشغيل في ورش مكينات التشغيل . وتحوى الصورة عمود حركة طوله (٤٨ قدماً) خاص بكراكة حفر ، وعمود مرافق ثنائي المكبس تشكيل ثقيل عومل حارياً ، ومرافق مكينة



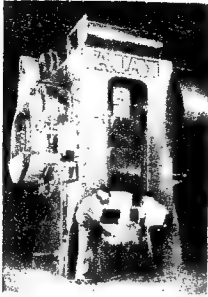
(شكل ٥) مطروقات كثيرة مختلفة

حدادة مقاسه (٥ بوصات) ومجموعة من درافيل تجفيف مكنة غسيل ، وقيص حمالة درفيل .

مكابس الحدادة الميكانيكية الهيدروليكية

تستعمل هذه المكابس في إنتاج كثير من المطروقات المختلفة ، لاسيما المطروقات الصغيرة المتأثلة الجوانب ، التي تصنع من الصلب أو من المعادن غير الحديدية الأخرى ، التي لا تقاوم التشكيل كثيراً وهي في الحالة اللينة المعجينية . كما تصلح هذه المطارق لإجراء عمليات ضبط أبعاد أنواع مطروقات الصلب ، السابق تشكيلها بالمطارق المتساقطة ، وبمكائن التشكيل بالحدادة . فبينما تشكل نسبة كبيرة من المطروقات بالحدادة المتساقطة فإن كثيراً من المنتجات يمكن تشكيلها بمكابس الحدادة ومكائناتها ، وكذلك مكائن التنفيخ . وهذا النوع الأخير من المكائن مشروح بالتفصيل في الباب التالي . وتستعمل مكابس الحدادة ومكائناتها في تشكيل المطروقات عند ما يرى مهندس الحدادة أنه من المناسب استعمال هذه المعدات لإنتاج أجود للنتجات وأكثرها إقتصاداً . وتتعين الوسيلة التي يجب إتباعها في تشكيل المطروقات بعوامل مختلفة ، مثل حجم المنتج وشكله وعدد خطوات الإنتاج ، وتكاليف الآلات اللازمة للأداء ، هذا زيادة عن عوامل أخرى . ولعملية الحدادة بالضغط ، نفس مميزات الحدادة بقوالب التشكيل للمقطة ، من حيث تحسين خواص المعدن . كما أن منتجاتها في نفس المستوى العالي ، الذي لمنتجات المطرقة المتساقطة التي يشيع استعمالها .

وتصمم مكابس الحدادة الميكانيكية ، بحيث تكون جسيمة ومحاورها على استقامة واحدة ، في توازن وضبط ، لتصلح للتشغيل السريع . وتراوح أحجامها فيما بين (٥٠٠ طن و ٦٠٠٠ طن) ، وبين شكل (٦) مكبس حدادة ، ميكانيكية مريما ، قدرته (٢٠٠٠ طن) إنتاج شركة (أجاكس) في أثناء التشغيل . وهذا المكبس مصمم خصيصاً لإنتاج عدد كبير من المطروقات ، بقوالب التشكيل المقطة . ويصح أن تكون هذه المطروقات



(شكل ٦)

مكبس حدادة ميكانيكى مربع قدرته ٢٠٠٠ طن العمل والإنتاج أكثر من غيرها .

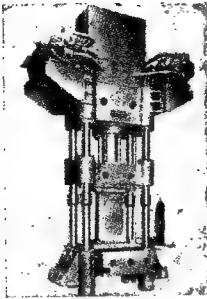
ولهذا القابض الذى يعمل بالهواء المضغوط ، عدة أقراص إحسكاك . ويعمل بطريقة مباشرة سريعة سهلة ، ويحرك برافعة تعمل بضغط القدم . وتصميم هذا القابض ، الذى يقصد منه التجاوب السريع ، يمكن من أداء عدة عمليات حدادة بعد تسخين المعدن مرة واحدة لا غير ، وهذا مما يزيد فى إنتاجه . وتنتقل القدرة الحركة ، التى تتولد من المحرك من الحدافة إلى عمود الكبس الخلفى عن طريق مرة الأمن التى بالحدافة ، وتعمل بالإحسكاك فتزلق عند زيادة عزم الإلتواء ، قبل أن يحدث للكبس أى ضرر، إذا زاد الحمل أو إذا وقع أى حادث معطل أثناء العمل .

ويمكن مقارنة مكابس الحدادة ، بمطارق الحدادة المتساقطة البخارية ، أو ذات الموح ، من حيث قدرة كل ، بضرب قدرة مكابس الحدادة الإيمية بالطن فى معامل (٢ أو ٢½) . ومكبس الحدادة المين فى شكل (٦) ، يعادل مطرقة بخارية قدرتها (٤٠٠٠ رطل) أو مطرقة متساقطة ذات اللوح قدرتها (٥٠٠٠ رطل) . ومنتجات مكابس الحدادة ، تعادل منتجات وسائل الحدادة الأخرى ، من حيث الدقة والجودة .

وتجني فوائد كثيرة زيادة عما تقدم، مثل زيادة تحمل ومتانة المشغولات، إذا سخنت بالوسائل المحسنة، باستعمال التأثير الكهربى للتسخين، وبالتحكم فى جو التسخين. وتتلخص طريقة التسخين بالتأثير الكهربى فى وضع المسخن فى فرن التأثير، وإمرار تيار على التردد فى ماسورة من النحاس الأحمر تبرّد بالماء، وهذه الماسورة فى الواقع هي الملف الابتدائى فى المحول، فيمر تيار قوى فى المعدن الذى يعتبر فى هذه الحالة ملف ثانوى، فترفع مقاومة المعدن للتيار الكهربى السارى فيه درجة حرارته. ويمكن ضبط درجة الحرارة المطلوبة بالتحكم فى مدة سريان التيار فى المعدن. ويصم الفرن بطريقة ما، بحيث يمنع المعدن المسخن من ملامسة الأكسجين الذى يحتوى عليه الهواء المحيط. وتملأ بعض هذه الأفران بغازات مختزلة، مثل أول أكسيد الكربون، أو الأيدروجين، فتحيط بالمعدن المسخن وتمنعه من التأكسد الذى يكون طبقة من أكسيد الحديد على سطحه.

وتتحسن نتائج التشغيل بالحداثة باستعمال الضغط الهيدرولى لإزالة طبقة أكسيد الحديد، وكذلك باستخدام قوالب من الصلب تزيد صلابتها عن المعتاد. ويمكن استعمال قوالب صلابتها عالية مع مكابس الحداثة لأنها لا تولد صدمات عند التشغيل. وتستخدم مكابس الحداثة لسك المشغولات والمطروقات والمشكلات على الساخن أو على البارد التى سبق إنتاجها بوسائل الإنتاج السريع الأخرى، وهذا يقلل من تكاليف الإنتاج.

وتعمل رهوس المكابس الهيدرولى المستخدمة فى الحداثة بالضغط على مائع من الموائع المختلفة. ويستعمل الزيت عادة فى المكابس الحديثة، كما تستعمل موائع أخرى مثل الماء فى بعض الحالات. كما يستعمل البخار للوصول إلى الضغط اللازم لتحريك المكبس. ولزيادة سرعة التشغيل، تصمم الدورة الهيدرولى بحيث يرجع المكبس بسرعة بعد شوط الحداثة، بينما تكون سرعته بطيئة نسبياً فى أثناء الضغط لتشكيل الحداثة ذاتها. ويمكن التحكم فى طول الشوط، وكذلك فى ضغط المكبس. وتصمم بعض المكابس ليرجع المكبس تلقائياً (أوماتياً) عند بلوغ أى ضغط معين.



ويبين (شكل ٧) مكبس هيدرولي قدرته (١٠٠٠ طن) وطول شوط مكبسه (٤٢ بوصة).

وتستعمل القوالب للسطحة أو قوالب التشكيل للقفلة في المكبس اللين في (شكل ٧) ويولد الضغط الهيدرولي في مكبس يداران بمحركين كهربيين . وتصمم الدورة الهيدروليكية في المكابس الهيدروليكية بطرق شتى ، ليصبح لها

كفاية في أثناء شوط الحداثة . (شكل ٧) مكبس هيدرولي قدرته (١٠٠٠ طن) وطول شوط مكبسه (٤٢ بوصة)

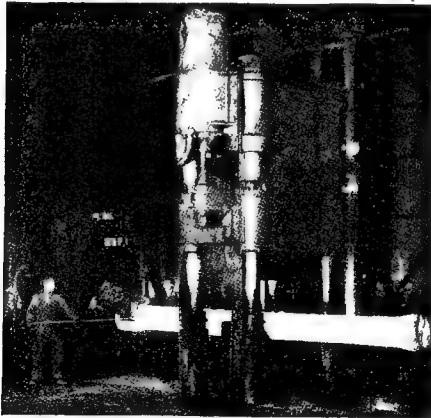
والزيت إلى إسطوانة المكبس الرئيسية من مضخة (طرمبه) زيت . ويتسرب الزيت عن طريق صمام الرجوع للوصل بالإسطوانة . ويبقى صمام آخر مفتوح في أثناء نزول ورجوع المكبس بسرعة ، يسرى الزيت بين الإسطوانة الرئيسية والخزان . ويستعمل الزيت في كثير من المكابس الهيدروليكية الحديثة ، إلا أن الماء يستعمل في المكابس الكبيرة التي يلزم فيها تركيب الضغط في خزانات أو إسطوانات التريكم للتحقق بالمكابس . وأحدث التطورات في هذا المجال ، هو استعمال مكبس ميكانيكي من النوع ذو الأوتاب مع الضغط الهيدرولي لتريك المكبس عن طريق حداثة أو دوار ، تستخدم الطاقة المخزونة في الحداثة في شوط النزول . وبهذه الوسيلة يحدث نزول ورجوع سريعان ، فيزيد إنتاج للطروقات كثيرا .

حداثة القطع الكبيرة بمطابسي الحداثة

يفضل استعمال المكابس الهيدروليكية والميكانيكية الكبيرة عن استعمال مطارق الحداثة الكبيرة في تشكيل القطع الضخمة . وأهم ما يميز المكابس الهيدروليكية

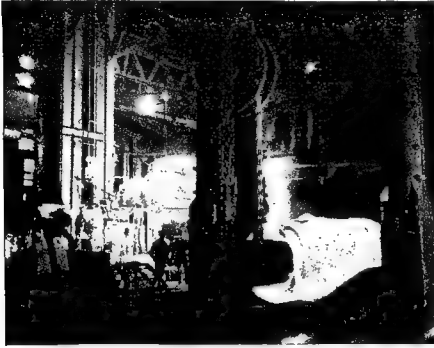
أن إهتزازاتها أقل من إهتزازات مطارق الحدادة الكبيرة ، وضغط المكابس الهيدرولية بالعصر ، بخلاف المطارق التي تضغط بقوة الصدمة . وتتراوح أحجام المكابس الهيدرولية فيما بين (٥٠٠ طن وما يزيد على ١٥٠٠ طن) وتبين هذه الأرقام أقصى ضغط تولده المكابس .

وتستعمل شبات الصلب الكبيرة ذات المقاطع المستديرة ، أو المربعة أو المسدسة ، والتي تبلغ مساحة مقطعها (٤٠ قدما مربعا) في المكابس الهيدرولية الكبيرة ، لإنتاج أعمدة الإدارة في المحركات الكبيرة والمولدات التربينية ومحاور التربينات ، ومواسير مدافع البحرية ، وأعمدة إدارة رفاصات البواخر وأعمدة المرافق الكبيرة ، وخامات قوالب المطروقات الكبيرة . وكثيرا ما تستعمل مكابس هيدرولية قدرتها (١٥٠٠ طن) لحدادة قطع كبيرة وزن (٢٠٠ طن أو أكثر) . وتعمل معظم



(شكل ٨) عملية سحب عمود كبير في مكبس حدادة قدره (١٠٠٠ طن)

المكابس الهيدرولية الحديثة بواسطة مجموعة من المضخات تضغط الزيت أو الماء إلى الضغط العالي المطلوب لإدارة هذه المكابس . كما يستعمل البخار لتوليد الطاقة اللازمة ، وخصوصا في المكنات القديمة . ويبين (شكل ٨) عملية سحب عمود كبير في مكبس حدادة قدرته (١٠٠٠ طن) . ويبين (شكل ٩) عملية توسيع مطروق مجوف ، على شاقفة في مكبس حدادة قدرته (٤٠٠٠ طن) به ترتيبه لإدارة المطروقات .

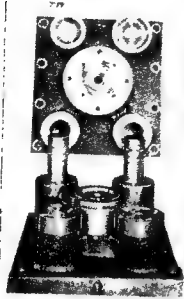


(شكل ٩) عملية توسيع مطروق مجوف على شاقفة في مكبس حدادة ، قدرته (٤٠٠٠ طن)

حدادة الأجزاء الصغيرة والمتوسطة بحدادة الضغط

يمكن استعمال عمليات حدادة الضغط في إنتاج الأجزاء الصغيرة والمتوسطة ، ذات التصميمات البسيطة ، باستعمال قوالب الحدادة المقفلة . ولا يلزم لذلك إلا شوط واحد للمكبس . وبهذا تنتقل معظم الطاقة المولدة في المكبس ، إلى المعدن المطروق ، مما يسرع من عملية الحدادة ويقلل من تكاليف اليد العاملة . كما أن منتجات مكابس الحدادة ، أدق من مثيلاتها المصنوعة بعمليات الحدادة المتساقطة . ومكابس

الحدادة، إما ميكانيكية أو هيدرولية . وتستعمل هذه المكابس في حدادة مطروقات من المعادن الحديدية أو غير الحديدية .



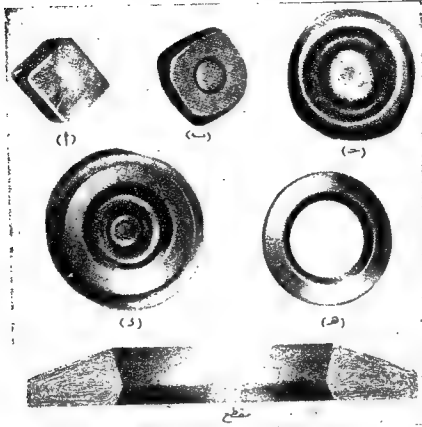
(شكل ١٠)

القوالب المستعملة لحدادة خامة حلقة ترس

ويبين (شكل ١٠) القوالب المستعملة لحدادة خامة حلقة ترس بالضغط ، ويبين (شكل ١١) خطوات العمل اللازمة لإنتاج هذه القطعة ، وتترجم ثلاث عمليات حدادة لإنتاج خامة الترس . يوضع المعدن المسخن قائماً على القالب الأيسر ، ثم يضغط في العملية التالية ، ليلاً قوالب التكتيتل ثم ماء فيشكل المعدن بالشكل المسام المطلوب . ويشطب المنتج في العملية الأخيرة في قوالب

التشطيب . ويمرر القالب العلوى والسفلى على مسامير دليلية ومجاريها ، لضبط المحاور في أثناء التشغيل .

ويبين (شكل ١١) ، شكل المعدن بعد كل خطوة من خطوات إنتاج خامة الترس بحدادة الضغط . ويبين الجزء (أ) قطعة الصلب مسخنة إلى درجة الحرارة الميمنة لها ، استعداداً للحدادة بضغط عاصر بطيء ، على نهايتي القطعة المسخنة ، في الخطوات التالية . ويبين الجزء (ب) أثر العملية الأولى ، التي تموج القطعة ، وتزيل طبقة الأكسيد عنها استعداداً للعمليات التالية . ويبين الجزء (ج) شكل المعدن بعد ضغطه بين قالبى التكتيتل . ويبين الجزء (د) المنتج بعد آخر عملية حدادة ، وقد تم تشكيله إلى الأبعاد والشكل المطلوب ، ولا يبقى بعد ذلك سوى إزالة الزوائف . ويبين الجزء (هـ) المطروق المشطب بعد إزالة الزوائف ، معداً لإجراء عمليات التشكيل والتشطيب بالتشغيل . بعد ذلك بالممكنات . وتزال الزوائف ويثقب



(شكل ١١) خطوات إنتاج خامة ترس بحدادة الضغط

التقبة الأوسط على مكبس تهذيب الأطراف باستعمال قوالب التهذيب . وتظهر في صورة المقطع الموجود في أسفل الشكل ، البنية اللينة في خامة الترس المشغلة بعملية حدادة الضغط . ويمكن بهذه الوسيلة التحكم في كثافة وإتجاه خطوط إنسياب التليف لتوليد المتانة ومقاومة الصدمات في المواضع التي يلزمها ذلك .

وتوضح الأشكال (١٢) و (١٣) و (١٤) كيف تزيد الحدادة من تحمل ومتانة المشغولات . ويظهر الفرق واضحاً من تكوين الألياف في خامى ترسين ، شغلت إحداها بمكنات التشغيل ، والأخرى بالحدادة . وبين (شكل ١٢) ، البنية الحبيبية في خامة ترس شغل بمكنات التشغيل من عمود، وتظهر البنية الحبيبية في إتجاه واحد فلا يصل المعدن بذلك إلى أقصى تحمله ، لأن خطوط التليف غير متشابكة .



(شكل ١٣)

حييات البنية في خامه ترس مشكلة بالحداثة



(شكل ١٢)

حييات البنية في خامه ترس مشكلة من عمود

ويبين (شكل ١٣)، البنية الحبيبية في خامه ترس مشكلة بالحداثة في قوالب التشكيل المقفلة. تتجمع خطوط الإنسياب الشبيهة بالألياف، في هذه القطعة، بحيث تشكل جميع أسنان الترس عند قطعها بالمكناات في مواضع بالخامة مكتلة بالحبيبات، فتصبح لهذه الأسنان مقاومة كبيرة للإجهادات، مع تساوى ذلك في كل سنة.



(شكل ١٤)

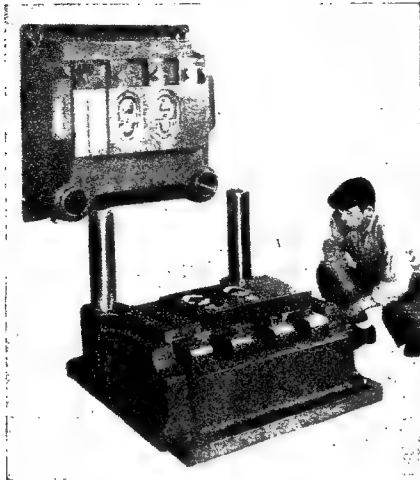
مقطع أظهرت بانيته في خامه ترس مشكلة بالمادة

ويبين (شكل ١٤) مقطعا دون تكبير مجهرى، ظهرت بنيته في خامه ترس شغل بالحداثة. وفي مثل هذا المقطع، يظهر فعل التشكيل بالحداثة، في إنسياب خطوط الإنسياب في بنيته. والمقطع، غير المجهرى، عبارة

عن مقطع في بنية من المعدن، أظهرت بنيته لتفحص بالعين المجردة أو بعدسة مكبرة، لا يتمدنى التكبير بها عادة، عن عشر مرات. ويستخدم مثل هذا المقطع لفحص حالة المعدن وبنيته الداخلية خصوصا عايداً.

ويبين (شكل ١٥) قوالب التشكيل للستعملة في تشكيل سلسلة خطاف. وتثبت قوالب صغيرة، مستطيلة في سنادة القالب بواسطة قوابض معكوفة، كما هو ظاهر في الجزء الأمامى من سنادة القالب السفلى. وتركب السنادة في مكانها على المكبس، وهى عبارة عن لوح تثبت عليه القوالب.

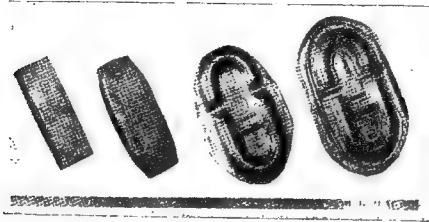
ويستعمل أول زوج من هذه القوالب، لتحديد أطراف القطعة الخام المرعبة المقطع، المنحنية الأركان، للتخلص من طبقة الأكسيد. وتجرى عملية تكتيل المعدن



(شكل ١٥) قوالب تشكيل الحدادة سلسلة خطاف

في زوج القوالب الثاني، وعملية التشطيب في الزوج الثالث. ويمكن إجراء عمليات إضافية أخرى، في القطع الخام إذا لزم الأمر .

ويبين شكل (١٦) العمليات المتتالية، التي تجرى على هذه القوالب لتشكيل سلسلة الخطاف السابق الذكر . وتظهر قطعة المعدن الساخن إلى اليسار في الشكل، كما تظهر في المنظر الثاني نفس القطعة بعد تحديد أطرافها وتسويتها، كما توضح عمليتي التكتيل والتشطيب في المنظر الثالث والرابع . وهذه السلسلة مشكاة في مكبس ميكانيكي إنتاج شركة (أجاكس) .



شكل (١٦) العمليات للتأدية للتشكيل سلسلة خطاف

١- مفهوم حدادة الضغط على أساس بنائى

يمكن إنتاج عدد كبير من المطروقات المتألفة الجواب بحدادة الضغط . إذ يمكن إنتاج مطروقات مثل خامات التروس ، وأقراص وشفة الإدارة ، ومثاقيب الصخر، وغير ذلك من القطع المتشابهة بحدادة قِطْع من المعدن مربعة المقطع، بالضغط بعد قطعها إلى الأطوال المناسبة ، ثم تشكيلها في القوالب . وتشمل عمليات الحدادة عادة، عملية التسوية والإبعاج، لإزالة طبقة الأكسيد، ثم تلها عملية التكتيل التي تغير شكل المعدن . وتحتوى سلسلة العمليات المتعاقبة ، على عملية الكبس والتنفيح الأولية التي تكسّر قشور القطعة ، ويتلو ذلك عملية التكتيل والاستعداد، التي تحرك الخامة المشككة من موضعها ، وتبينها في الموضع المضبوط حتى يقل إنسياب المعدن إلى أدنى حد ، كما تقل الزخاف المولدة وكذلك يقل تآكل القوالب من الاحتكاك في عملية التشكيل النهائية (التشطيب) . وتخرج القِطْع المشككة بعد ذلك ، بأبعاد متفاوت قليل بسطح ناعم إلى حد ما . والزخاف المتولدة بهذه الطريقة ، أقل بكثير من الزخاف المتولدة من طرق المطرقة المتساقطة المتوالية في حدادة التساقط .

ويمكن منع تكون الزعانف كلية ، بإدخال جزء القالب الأعلى في فجوة تشكيل الجزء الثالث الأسفل ، ليحاصر المعدن الخامة تماما . وتزداد دقة المطروقات كثيرا بتصميم طرادات ميكانيكية في جزئي قالب التشكيل الأعلى والأسفل . ويمكن تقليل كمية الزائد إلى أدنى حد ، أو التخلص منه تماما ، باستعمال طرادات جيدة التصميم ، وباستخدام الطريقة المناسبة التي يعمل بها المكبس ، لتسهيل تناول مختلف أنواع المشغولات دون استعمال مسكات (لقط) . وينتج عن هذا إقتصاد في خامات عالية التكاليف .

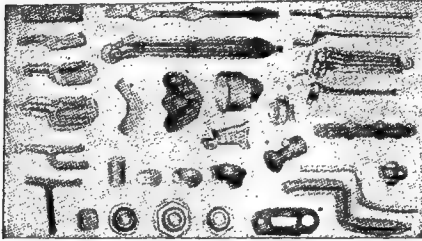
وتطابق تشكيلات فراغات قوالب التشكيل في حدادة الضغط ، خامات القلع (سواء أكانت على اتجاه الطول أم على اتجاه العرض) تشكيلات فراغات قوالب التشكيل بالحدادة المتساقطة . وهذه التشكيلات ، هي تشكيلات تحديد الأطراف وتشكيلات الخصر والحنى والتكتيل والتشطيب .

ويعتمد ترتيبها في أثناء الأداء على شكل القطعة المطلوبة . ويلاحظ أن مشاوير رءوس مكينات حدادة الضغط ، ثابتة لا تتغير . لذلك يجب أن تكون مساحة مقطع فراغ قالب الخصر كافية ، لتحتوى على قضيب الخامة ، دون أن يولد زعائفا ، وكذلك لتجنب إحتمال تكون ثنايا إنفصالات لحامية باردة ، في أثناء توالى عمليات الحدادة .

ولا يلزم لبعض عمليات التشكيل بهذا النوع من الحدادة ، توزيع المعدن داخل القالب بعمليات خصر سابقة لصعوبة التصميم ، وفي هذه الحالة تلزم تسوية الخامة للتخلص من قصورها .

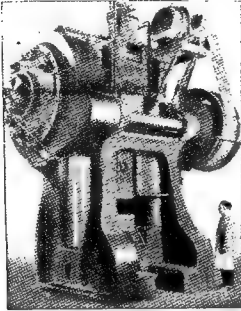
ويمكن التخلص من الأكسيد باستخدام طريقة التسخين بالتأثير أو التسخين في جو واق محكم ، أو بإزالة القشور هيدروليا ، أو بعمليات لتكسير القشور الأكسيدية . وذلك قبل إعداد الخامة للتسخين إلى درجة حرارة الحدادة . وإزالة الأكسيد بهذه الطريقة أهمية كبيرة في عمليات حدادة الضغط ، لأن المعدن المسخن لا يضغط لإمرة واحدة في أثناء كل تشكيلة في القالب . وكثيرا ما يستغنى في هذه

العمليات عن (اللقط) المساكات وذلك باستخدام طرادات ميكانيكية لإخراج المشغولات من فراغات القوالب ، وينتقل الجزء من تشكيل إلى آخر بواسطة الرعاف .



شكل (١٧) عمليات متتابعة لإنتاج مجموعة من المشغولات

ولا تستعمل مكابس الحدادة في إنتاج القطع متغيرة المقطع ، التي تحتاج إلى عمليات سحب وخصر كثيرة ، لعدم إمكان تغيير طول المشوار في هذه المكينات. ويوصى باستعمال المطارق المتساقطة البخارية لإنتاج مثل هذه المشغولات ، لأنه يمكن تغيير أطوال أشواطها . ويستعمل بعض منتجي المطروقات المعقدة ، خامات سبق درفلتها أو خصرها بالمطارق البخارية لتوزيع معدن الخامة قبل حدادتها بالضغط في قوالب التشكيل المقلدة . كذلك يمكن استخدام مكبس الحدادة ، لقص المطروقات الخام ، التي لها تركيب كيميائي خاص ، مثل الصلب السبائكي الخاص ، أو صلب العدة عالي الكربون ، على الساخن لأنه لا يمكن قصها على البارد . ويستعمل المكبس أيضا في تهذيب أطراف المطروقات المصنوعة من الصلب عالي الكربون ، أو السبائك على الساخن بعد تشكيلها بالمكبس وقبل أن تبرد . وكثيرا ما تلف المطروقات إذا هُذِّبَتْ أطرافها على البارد .

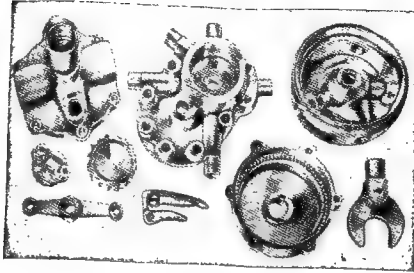


شكل (١٨) مكبس حدادة ميكانيكي
إنتاج شركة أجاكس

وبين شكل (١٧) مجموعة من المطروقات كما بين عمليات إنتاجها المتتابعة . وبين شكل (١٨) واحد من مكابس الحدادة الميكانيكية استعمل في تشكيل المشغولات المينة في شكل (١٧) . والمكبس مجهز بطراد ميكانيكي ، وبكل من جزئي القالب الأعلى والأسفل طراد بذراع تعمل بحدّة (كامة) للجزء الأسفل . ويمكن تناول مختلف المشغولات دون استعمال (اللقط) إذا استعملت هذه الطرادات، فيحقق هذا اقتصادا في المعدن .

تشغيل القطع غير المدبرية بحدادة الضغط على السامن تشغيل مضبوط
والأبعاد

تشغل قطع غير حديدية كثيرة كاللمينة في شكل (١٩) بوسائل حدادة الضغط ، فيقطع المعدن من عمود أو قضيب مبثوق ، لدونته تناسب التشكيل وهو في درجة حرارة الحدادة ، وذلك المثل تشكيل فراغ القالب تماما بشوط واحد . وتقاوم هذه القطع الضغوط العالية إلى حد ما ، لأنها لا تُنفذ الهواء أو الغاز أو الماء ، كما أنها متينة وكثيفة وناعمة ودقيقة ولا يلزمها تشغيل كثير بالمكناات . وتستخدم المشغولات غير الحديدية للشغلة بحدادة الضغط في أجزاء المكناات والمحركات والمعدات وأدوات القياس وأجهزته . . . الخ .



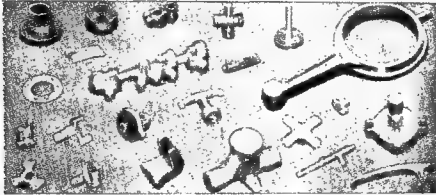
شكل (١٩) ماروقات من النحاس الأصفر شكت بالضغط على الساخن

وتشكل القطع المختلفة بحداذة الضغط من معادن غير حديدية مختلفة ، مثل النحاس الأحمر ، ومثل سبائك أساسها النحاس الأحمر بتركيباتها المختلفة : كالنحاس الأصفر والبرنز والسبائك الخفيفة من الألمونيوم والمنغنسيوم . وتلزم لتشكيل هذه المعادن درجات حرارة حداذة مختلفة ، كما يلزم لها بعض التعديلات في وسائل الحداذة لأنها غير التي تستعمل في حداذة الصلب .

وحداذة سبائك الألمونيوم عادة ، أصعب من حداذة الصلب ، لتأثر هذا المعدن عند درجات حرارة الحداذة . وتُجرى عمليات الحداذة على المعادن غير الحديدية ، في مجال حرارى ضيق ، يتراوح فيما بين (٧٠٠°ف و ٩٠٠°ف) . فإذا زادت درجة الحرارة بـ (١٠٠°ف) عن الحد الأقصى المحدد لها ، نالها بعض التلف مثل إحتراق المعدن المسخن المعد للحداذة . وتُصمم القوالب بدقة كبيرة لأهمية ذلك في إنتاج هذه المشغولات . ويجب صنع القوالب بحيث يسهل إنسياب المعدن في أثناء مراحل الحداذة المختلفة . وتقل خاصية اللدونة والمطوية في المعادن غير الحديدية ، عنها في الصلب عند درجات حرارة الحداذة . لذلك يلزمها معدات حداذة أكبر مما يستعمل لتشكيل مشغولات في مثل حجمها من الصلب .

والمعادن غير الحديدية المصنوعة من سبائك الألومنيوم متينة جدا ، إذا أخذنا وزنها في الاعتبار . ويقل وزن مطروقات المغنسيوم عن مثيلاتها في الحجم من الألومنيوم إلا أنها أقل منها متانة .

وتستجيب مركبات النحاس الأصفر والبرز للتشغيل على الساخن . لذلك تشغل بالحدادة على نطاق واسع ، بأوزان تتراوح فيما بين أوقية واحدة إلى مئات من الأرتال ، وتقع فعلا معظم مشغولات المعادن غير الحديدية المستعملة في الصناعة في حدود الأوزان المذكورة . وتستخدم وسيلتي الحدادة المتساقطة وحدادة الضغط في إنتاج هذه القطع ، التي تجمع بين المتانة المطلوبة وخفة الوزن . وتزن هذه المعادن أكثر قليلا من ثلث وزن الصلب الكربوني ، بينما لها نفس متانة الصلب السبائكي منخفض الكربون .



(شكل ٢٠) مشغولات من النحاس الأصفر

ويبين شكل (٢٠) مختلف المشغولات المصنوعة من المعادن غير الحديدية بالضغط في قوالب . ويوضع المعدن المصنوع بين جزئي القالب ، ويشكل إلى الشكل المطلوب بالضغط بواسطة مكابس ميكانيكية كبيرة . وتنتج بمثل هذه العملية مطروقات لها بنية دقيقة ، حبيباتها النسيجية متقاربة ، مما يزيد من مقاومتها للشد (انظر أشكال (١٢) و (١٣) و (١٤) . وتنتج هذه المشغولات من معادن وسبائك شكلت بالبثق ، الذي يزيد من كثافتها ، فتصبح لها مقاومة كبيرة للشد ،

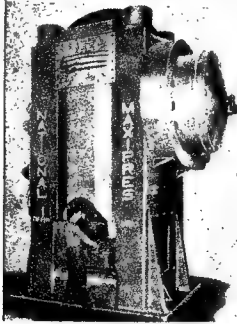
وتحمل كبير لإجهادات تعب وكلال المعادن ، وذلك لتعرضها في كل من العمليتين لضغوطهما العالية. وينتج تعب المعادن وكلاهما من الأحمال المتغيرة المنكسة المترددة. ويلزم معاملة بعض هذه السبائك حرارياً لتحسين خواصها . لذلك تعامل القطع المصنوعة من هذه السبائك معاملة حرارية مناسبة لظروف استعمالها ، وتخرج هذه المشغولات بأسطح ناعمة إلى حد ما ، كما تظهر بعض التفاصيل الدقيقة كالعلامات التجارية ورقم النموذج ، وكذلك الأسماء ، ظاهرة واضحة على السطح . وهذه المطروقات لا تنفذ الماء أو الزيوت أو السوائل الأخرى أو الغازات ، لذلك نصنع منها أنابيب الزيت ومعدات المصانع الكيماوية وأجهزة التكييف وما يشابهها . وتشمل استعمالها الأخرى تركيبات المواسير وتوصيلاتها ، والأدوات المنزلية ، وتركيبات توصيلات معدات وأدوات الضغط، والصمامات وأجزاء المحركات والمعدات الكهربائية، وأطراف بوري الاحام ، ونقط التوصيل الكهربى ، والهواميل المنيحة ، وصواميل الزنق والجلب، ومبات الآليات، وأجزاء كثيرة أخرى مما تتعرض لإجهادات كبيرة .

تشكيل أجزاء المسكات لعمليتي السك وضبط الأبعاد بمعداة الضغط على البارد تسك قطع كثيرة من الصلب وللمعادن الأخرى ، وتحدد أشكالها بأبعاد تفاوتها صغير ، بالضغط بين قوالب التشكيل على البارد ، فتخرج بتشطيب جيد لامع إذا كانت إنسيابية المعدن قليلة أصلاً . وفي كثير من الأحوال ، تحقق عمليات تحديد أبعاد أشكال المشغولات ، إقتصاداً يفوق ما في عمليات القطع . وتجري عمليات السك وتحديد أبعاد أشكال المشغولات على المعادن الديدنية المطيعة، مثل مسبوكات ومصبوبات الزهر الديدن، ومشغولات الطرق المتساقطة، التي من الصلب أو الألمونيوم أو المعادن الأخرى غير الحديدية ، التي تناسب إنسياباً معجناً تحت تأثير الضغط .

وتستخدم مكابس الحداثة الميكانيكية والهيدروليكية عادة ، في عمليات السك وتحديد أبعاد أشكال المشغولات . كما يمكن استخدام غيرها من أنواع مكينات الحداثة الأخرى، مثل المطارق المتساقطة ، ومكابس السك، والمكابس اللولبية . يتوقف اختيار المكبس المناسب على عنف العملية التي سيقوم بها ومداه . فثلاً يمكن

استخدام المطرقة المتساقطة في حالة التشغيل بالضغط المنخفض ، وعندما يمكن للمعدن الانسياب بسهولة في تجاويف القالب . ويفضل استخدام مكابس الحدادة الميكانيكية أو الهيدرولية في مثل هذه العمليات ، لاستطاعة هذه المكابس بذل الجزء الأكبر من طاقة مشاويرها العمالة ، في ضغط المعدن وتوجيه ما تبقى منها لفتح وإكمال القوالب بسرعة .

ومن الأمثلة المناسبة لعمليات السك وتحديد أبعاد الأشكال بها ، أذرع التوصيل في المكينات ، والمحلات والروافع ، وحلقات التوصيل ، وغير ذلك من المسبوكات ومطروقات الحدادة . وتستعمل المكابس الميكانيكية على نطاق واسع في غالب عمليات السك وتحديد أبعاد أشكال المنتجات . وتستخدم طريقة العصر بالضغط السريع ، للحصول على نتائج ممتازة في أعمال حدادة الضغط السريعة . وإذا كان ضغط



التشكيل كبيراً إلى حد ما ، على قطع مساحتها صغيرة ، تخرج القطع مضبوطة بتفاوت صغير في أبعادها ، وفي هذه الحالات يستغنى عن المكينات التي تكلف كثيراً . ويبين (شكل ٢١) مكبس حدادة ميكانيكية مصممة لتشكيل القطع بدقة بتفاوت صغير في أبعادها ، بواسطة السك وتحديد الأبعاد على البارد أو على نصف الساخن . وإذا كان

(شكل ٢١)
مكبس حدادة ميكانيكي للتشكيل النهائي

تصميم القطع مدججاً منتظماً ، يزداد جسرؤها ويقل وقت تشكيلها . وبذلك يمكن استعمال سرعات عالية في التشغيل مما تضيح معه المكنة وحدة إنتاجية كفايتها عالية .

أسئلة للمراجعة

- ١ - إشرح قواعد عمليات الحدادة بالضغط .
- ٢ - ما تأثير الحدادة بالضغط على المشغولات ؟
- ٣ - إذكر أنواع القوالب المستعملة في عمليات حدادة الضغط .
- ٤ - صف بإيجاز طريقة تشغيل خامة من الصلب بقالب التشكيل بالحدادة ، وكذلك عمليات التشغيل اللازمة لصنع قوالب تكتيل مقفلة ، تستعمل في تعطيب المشغولات .
- ٥ - مانوع الصلب السبائكي الذي يوصى باستعماله لصنع قوالب التشكيل ؟
- ٦ - إذكر بعض المنتجات المصنوعة بوسيلة حدادة الضغط بالقوالب التي من النوع المفتوح .
- ٧ - اذكر النوعين اللذين يكثر استعمالهما من مكينات حدادة الضغط .
- ٨ - صف بإيجاز مكبسى (أجاكس) المبين في (شكل ٦) من هذا الباب .
- ٩ - صف بإيجاز المكبس الهيدرولى المبين في (شكل ٧) من هذا الباب .
- ١٠ - ما أهم ميزة تمتاز بها المكابس الهيدرولية الكبيرة ، عند حدادة الأجزاء الكبير بالضغط ؟
- ١١ - إذكر أحجام المكابس الهيدرولية المستعملة في الحدادة بالضغط .
- ١٢ - ناقش إمكان إنتاج القطع الصغيرة والمتوسطة بحدادة الضغط .
- ١٣ - صف بإيجاز عمليات حدادة الضغط المتتابة ، لإنتاج خامة الترس المبين في (شكل ١١) من هذا الباب
- ١٤ - إذكر بعض ما يجب إتباعه عن استعمال حدادة الضغط في الإنتاج على نطاق واسع .
- ١٥ - كيف تزداد دقة أبعاد المشغولات بالمكابس عندما تنتج على نطاق واسع ؟
- ١٦ - اذكر ما يجب إتباعه لإزالة طبقة الأكسيد من مطروقات المكابس .

- ١٧ - إذكر بعض الاستعمالات العملية للمشغولات المشغلة المصنوعة من المعادن غير الحديدية .
- ١٨ - ماهي مميزات المطروقات غير الحديدية المضغوطة على الساخن ، عند الاستخدام ؟
- ١٩ - إذكر بعض ما يجب إتباعه عند حدادة منتجات الألومنيوم بالضغط .
- ٢٠ - صف بإيجاز طريقة تشكيل القطع بالضغط في التواب .
- ٢١ - صف بإيجاز عمليات سك وتحديد أبعاد القطع المشكلة بحدادة الضغط على البارد .
- ٢٢ - إذكر أنواع المكابس المستعملة في العمليات المذكورة في السؤال (رقم ٢١)

الباب الثامن

الحداذة بالمكناات

مرددة المصطب بالكبس على الساخن

تفكل للطروقات للنتجة بهذه الوسيلة ، بضغط عاصر بطيء ، بدلا من قوة الصدمة للفاجئة السريعة التي تنتج في حالة للطرفة المتساقطة . وتصم مكناات الحداذة للمستعملة في كبس المعدن ، لتولد الضغط اللازم للتشكيل . وتصم قوالب التشكيل التي تستعمل في هذه للمكناات ، من النوع الثقيل بحيث تقبض على المعدن الساخن المعجن فيضغط عليها ويدفعها جزء في للكنة ، هو الرأس الدافع .

وتشمل عملية الحداذة بالكبس ، إدخال خامة عبارة عن قضيب من المعدن الساخن ، بين جزء القالب الثابت وجزء القالب المتحرك إلى حد معين ، بعينه موقف خاص بحيث يبرز من القضيب جزء من القابض في فجوة التشكيل ليكبس في فراغ أو فجوة القالب برأس الدفع .

ويمكن إتمام عملية الحداذة بالكبس ، في أكثر من خطوة ، كما في الحداذة للمتساقطة ، لتشكيل الجزء إلى الشكل النهائي . وينقل القضيب للسخن بعد الانتهاء من الخطوة الأولى التي تم في فجوة أحد القوالب حيث يتم التشكيل البدئي الإعدادي البسيط ، إلى الخطوات التالية في فجوات قوالب أخرى ، حتى يتم التشكيل النهائي . وبعض للشغولات بسيطة التصميم لا تحتاج لسوى خطوة واحدة في قالب واحد لا تحتاجها . ولكن يلزم أحيانا في بعض للشغولات المعقدة الشكل عدد من الخطوات قد يصل إلى ست خطوات وخصوصا في للشغولات الصعبة المعقدة .

وتحتاج المطروقات بالنساقط وللشغولات المضغوطة لعملية إزالة الزعانف وتهذيب الأطراف . ولا تحتاج معظم مطروقات الكبس لهذه العملية .

ويتراوح وزن مطروقات الكبس فيما بين (أوقية واحدة وما يزيد عن ٥٠٠ رطل) . وتحتفظ هذه للكبوسات ببنية انسيابية في أثناء تشكيلها كما في حالات أنواع الحدادة الأخرى . وكثيراً ما تستعمل مكينات الحدادة وللطارق المتساقطة ومكبس الحدادة معاً في أداء عمليات التشكيل . وذلك للاقتصاد في التكاليف ، وربما يتكلف أداؤها بطريقة واحدة من هذه الطرق تكاليف تزيد عن ذلك .

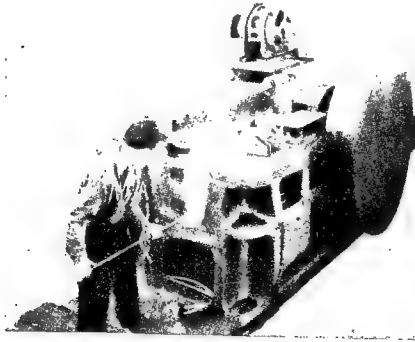
مكينات الحدادة بالكبس

كان القصد من مكينات الحدادة أولاً ، كبس المعدن لتشكيل رءوس مسامير البرشام ورءوس المسامير المولبة (القلاووظ). وأدى نجاح استعمال هذه المكينات إلى تطويرها ، فأصبحت تصمم لإنتاج مختلف مشغولات الكبس ، وكذلك في المشغولات التي تحتاج إلى عمليات إزاحة المعدن ، علاوة على عمليات الكبس . وتصمم مكينة الحدادة بالكبس لتعمل أفقياً في اتجاهين . وبين (شكل ١) مكينة مصممة تصميمًا تقليدياً جرى العرف عليه ، في أثناء أداؤها للعمل . وبداخل بدن المكينة الثقيل المصنوع من الصلب المصبوب ، قالب ثابت وآخر متحرك ، يقبضان على المعدن الخام بينما تتحرك آلة التشكيل في اتجاه المعدن لتشكله داخل فجوات القالبين .

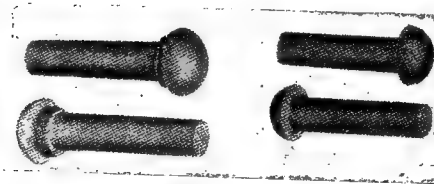
وتراجع آلة الرأس المنزقة بعد الانتهاء من العملية وتفتح أجزاء القالب . وعندما يلزم لتشكيل القطعة أكثر من كبسة واحدة ، تُفجر بالقالب عدة فجوات أو تشكيلات تتطابق هيئة محيط القطعة فينتقل المعدن من فجوة إلى التي تليها لأداء الكبسات واحدة بعد الأخرى .

وبين (شكل ١) مكينة حدادة سميتا بوصتان ، بقابض هوائى من إنتاج شركة (أجاكس) . ويعمل القابض الهوائى مباشرة بضغط الهواء . ويتكون

من عدة أقراص تثبيت احتكاكي . ويسر الأداء ، سهولة وسرعة عمل القابض ، الذي يعمل في التو والمحلة ، وبذلك ينتهى تشكيل القطعة بتسخينه واحدة دون إعادة تسخينها بعد كبسها الأول .



(شكل ١) مكينة جدادة بقابض هوائي (سنتها برستال)



(شكل ٢) مسامير برأس مستدير، وأخرى برأس بيضاوي، بدون زعانف

ويُقطع المعدن بالقطر المناسب على البارد ويُدخَل في المكنة بلقط. وتستعمل هذه الطريقة في إنتاج مسامير المكنات المولبة ذات الرؤوس المسدسة أو المربعة. يسخن طرف المعدن الذي سيشكل فيه الرأس ثم يتناوله العامل بالقط، ويدخله في حلق المكنة خلال فتحة لوح السند الخلفي، وهي بشعبتين على شكل حرف U، ثم يكبس الرأس أولاً في مجرى جزء القالب الأسفل، ثم ينقل الجزء إلى مجرى جزء القالب الأعلى حيث يشكل الرأس المسدس أو المربع بدقة في فجوة القالب بواسطة آلة أو عدة تشكيل قبة الرأس، فتسويها. ويضغظ المعدن عادة مرتين أو ثلاث مرات في الفجوة الثانية، ويلف فيما بين مشاوير الضغط ملء الأركان بقدر المستطاع. ويمكن تصميم الآلات أو العدد، بحيث لا تتكون زعانف بين القوالب القابضة أو عند وجه رأس الدفع، ولا تلزم عملية تهذيب الأطراف في هذه الحالة.

وتجهز مكنة تشكيل الرؤوس بآلية لتغذية العمود الخام في القوالب، مع جهاز طارد، يعمل أوماتياً لطرد الأجزاء المشككة من القوالب، وذلك في الإنتاج الواسع أو الكبير. وتستعمل هذه الطريقة لإنتاج

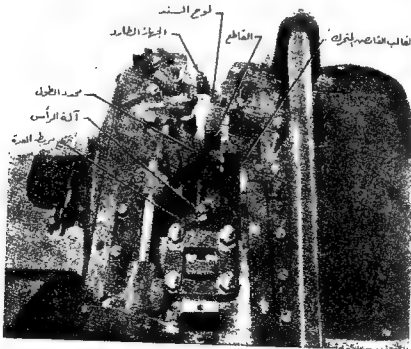


مسامير البرشام القصيرة نسبياً، ومسامير العربات المولبة ومسامير المدادات (الفلنكات) في السكك الحديدية، فتخرج رؤوسها من المكنة بدون زعانف في ضربة واحدة. ويبين (شكل ٢) أمثلة لهذه المسامير. كما تستعمل في إنتاج مسامير رؤوس مسدسة أو مربعة بزعانف تحت الرأس على شكل حلقات (وردات) سمكها $(\frac{1}{16})$ كما في (شكل ٣). وتزال الزعانف على البارد فيما بعد في مكابس تهذيب الأطراف.

(شكل ٣) مسامير رؤوس مسدسة وزعانف على شكل حلقات (وردات)

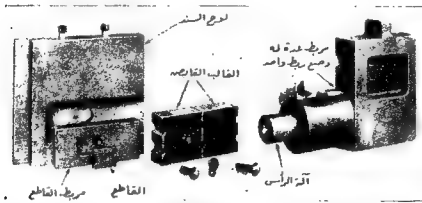
ويسخن جزء طوله قدمان أو ثلاث أقدام في حالة استخدام طريقة التغذية

التلقائية (الأوتوماتية)، إذا كان العمود المطلوب التشغيل منه طوله عشر أقدام تقريباً . فيدخل العمود في لوح السند خلال فتحة التي سبق ذكرها ، حتى يصل إلى الموقف الذي يحدد طول الجزء الذي سيكبس ، كما في (شكل ٤) . ويبين هذا الشكل نحوه أو فراغ القالب ، في مكان سعتها بوضوح معدة لدخول وتغذية العمود تلقائياً (أوتوماتياً) . ويظهر محدد الطول أو الموقف في أمامية الصورة . ويقطع القالب المتحرك الطول المطلوب من القضيب في أثناء إقفاله ويقبض عليه في مواجهة القالب الثابت استعداداً لكبسه . وتطرد القطعة تلقائياً (أوتوماتياً) عند فتح القالب . وتكرر هذه العملية عدة مرات حتى ينتهي تشكيل جزء القضيب المسخن . وتنتج بهذه الطريقة قطعة كاملة في كل دورة من دورات المكثنة .



(شكل ٤) منظر يبين حيز القوالب في مكان حدة سعتها بوضوح

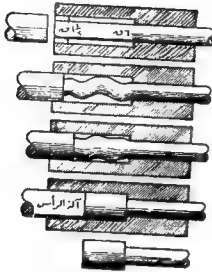
ويجب تغيير القوالب لإنتاج أطوال مختلفة ، إذ أن طول القالب يحدد طول المسار المولب (القلاووظ) أو مسار البرشام . وللقالب عادة مجريان على كل من السطحين المتقابلين ، مجموعها أربعة مجار في كل قالب كما هو مبين في شكل (٥) . ويمكن تشكيل القطع من أسياخ أو قضبان أو أعمدة بأربعة أقطار مختلفة في هذه المجارى . ويماد تشكيل أوجه القوالب الفعالة بتشغيلها بالمسكنات لاستعادة شكل المجارى إذا تآكلت إثر الاستعمال المتكرر . ويحدث أكثر التآكل في نهاية المجرى الذى يشكل عنده الرأس ، ويقطع العمود الخام في الوقت نفسه . وبذلك يكون للقاطع وجهان فعالان . وتثبت آلات أو عدد الرأس في مربوط عدة إسطوانى الشكل ، له موضع ربط واحد ، كما هو مبين في شكل (٥) . ومربوط العدة هذا مخصص لضبط العدة في مكانها المناسب ، زيادة عما يسمح به تصميمه الأصلى ، بوضع (وردات) حلقات مصلدة ، لتعوض النقص الذى ينشأ عن إعادة تشكيل أو تجليخ العدد .



(شكل ٥) لوح السند، والقوالب، وآلة الرأس، ومربوط الآلة أو العدة ، في مكتبة حدادة

المعدات والقوالب (العدد) المستعملة في الحدادة بالكبس

تجرى عمليات الحدادة بالكبس في قوالب محكمة الازدواج ، ولكن ليس بها سلبيات للسحب لتسهيل سحب القطعة من القالب . وتحرم



(شكل ٦) كبس عمود طوله ست مرات
قطره في قوالب جيدة التصميم

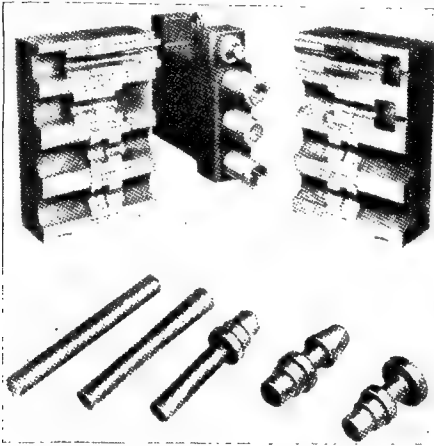
الثقوب المستقيمة على الساخن ولا تحتاج في الغالب إلى أى تشغيل آخر بالمكينات . وتكبس الأعمدة الطويلة دون أن تنبعج ، إذا صممت قوالب تشكيلها بدقة وحرس وعناية . وبين (شكل ٦) كيف أنه يمكن كبس عمود ، طوله يبادل ست مرات قطره في قوالب جيدة التصميم .

وتكبس أعمدة الصلب المسخنة في مكينات الحدادة في عمليات تشكيل متتابعة . وتزيد هذه العمليات في قطر العمود وتقتصم من طوله ، حتى يطابق

الجزء المشغل بعد آخر عملية الشكل المطلوب . ولا تقتصر عمليات مكنة الحدادة على عمليات القبض البسيطة وتشكيل رؤوس المسامير ، بل يمكن الاستفادة من حركة القالب المتحرك في الاتجاه المستعرض ، وكذلك حركة آلة الرأس في اتجاه الحدادة الطولى أو في الاتجاهين في آن واحد ، أو في كل اتجاه على حدة . ويمكن استخدام حركة القالب في الخصر والثني والقص والثقب وتهذيب الأطراف بالإضافة إلى عملية القبض . كما يمكن استخدام آلة الرأس في التخريم وتغيير الشكل الداخلى ، والبثق والثقب وتهذيب الأطراف ، والحنى والثني وعمليات أخرى ، زيادة عن التشكيل بالكبس العادى . وبين شكل (٧) الفجوات التى يشكل فيها المنتج ، داخل جزئى القالب . وكذلك آلات الرأس المصممة ، لكبس المعدن الخام ، حتى يملأ هذه الفجوات . وكثيرا ما يحصر المعدن في الفجوات تماما في أثناء الحدادة ، ويعرض لضغط شبيه بالضغط الأيدروستاتى ، فتتلىء الفجوات والثنايا بالمعدن . وتشكل منتجات كثيرة بهذه الطريقة ، مثل التروس المجمة والتروس الحزونية ، والتروس المخروطية ، بأشكال مختلفة . وكذلك أعمدة الإدارة ، ومبايت ومرتكزات ومحالات محاور الدوران ،

والزواضع (العتلات) ، وسيقان الصمامات ، وتروس أجهزة قيادة السيارات ، وإسطوانات محركات الطائرات القطرية . كما تشكل مئات الأجزاء الأخرى بأساليب الخدادة بالمكائنات أو بالكبس .

في أعلى (شكل ٧) مجموعة القوالب والخمرات المستعملة في إنتاج ترس مجمع ، في مكينة الخدادة أو المكبسة .

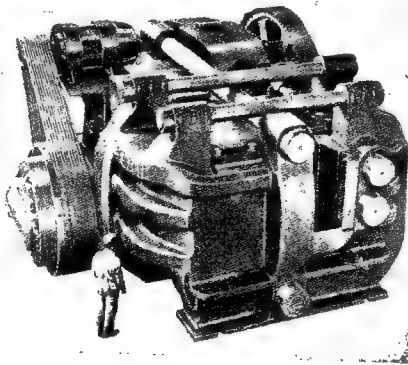


(شكل ٧) مجموعة القوالب وعمليات الخدادة للستعة في إنتاج ترس مجمع

ويبين الجزء الأسفل من الشكل عمليات الخدادة المتتابة من اليسار إلى اليمين ، بالترتيب الآتي :

١ — تسخين العمود الخام إلى درجة حرارة الخدادة المضبوطة .

- ٢ - كبس إحدى نهايتي العمود في الموضع الأعلى من القالب، لتجميع المعدن استعدادا لتشكيل نهايتي الترس .
- ٣ - تشكيل وتشطيب طرف الترس الصغير في الموضع الثاني من أعلى القالب .
- ٤ - كبس طرف العمود المقابل في الموضع الأسفل من القالب، لتجميع المعدن اللازم لتشكيل الجزء الباقي من الترس، بينما يقبض على العمود من الطرف الذي شكل جزئيا .
- ٥ - تشطيب الترس بعملية كبس وتشكيل طرف الترس الكبير في الموضع الثاني من أسفل القالب .



(شكل ٨) مكنة حدادة ثقيلة لإنتاج شركة (ناشيونال)

ويظهر تشغيل المعدن على الساخن بوسيلة الحدادة بالكبس خواص المعدن الفيزيائية إلى أبعد حد، وتولد أقصى مقاومة منتظمة في بنية الجسم المشغل بالحدادة . ويجب تفهم عملية الكبس على الوجه الأكمل كما يلزم أن تتوافر الآلات (العدد)

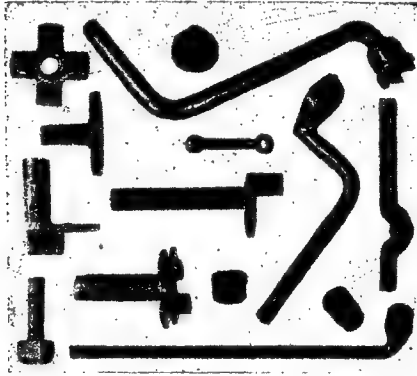
والقوالب المناسبة لأداء العمليات على أحسن وجه . كما يجب فهم القوانين والقواعد ، التي تحكم في تشكيل المعادن المعينة اللدنة بأساليب الكبس ، خصوصا تلك التي تحدد كمية المعدن الممكن تجميعها أو كبسها في كل عملية حدادة دون انبعاث خطوط الانسياب . ويمكن التحكم في انسياب حبيبات البنية وتوليد بنية انسيابية الألياف كثيفتها في الجزء المشغل ، باستخدام طرق حدادة الكبس السليمة . وباستعمال قوالب مناسبة لتجميع المعدن ، كما هو مبين في أشكال البابين السابع والثامن . وتخرج المنتجات المشكلة بأساليب الحدادة بالكبس ، مطابقة للأبعاد المطلوبة فيها إلى حد كبير . لأن السلبية فيها قليلة أو معدومة مما يقلل ويقتصد في عمليات التشطيب بالتشغيل على مكينات التشغيل .

وكثيرا ما تستخدم عملية الحدادة بالكبس في إنتاج مختلف المشغولات الخمرية . وتشكل المنتجات التي بها تجاويف داخلية أو فجوات عميقة بسهولة ، بتحويل شكل المعدن بالتدرج من خطوة إلى أخرى . وبهذه الطريقة يتحرك معدن الخامة من داخلها إلى خارجها على طولها ليلما فجوة وثنايا القالب .

أهمية لأساليب الفنية الحديثة المستعملة في تشكيل الكبس على الساخن

يمكن تشكيل مختلف أنواع المنتجات بأبعاد مضبوطة دقيقة بمكينات الحدادة الحديثة . وتحقيق هذه الوسيلة اقتصادا كبيرا في المعدن . ولا تحتاج هذه المنتجات إلا لتشغيل قليل بالمكينات . وبين شكل (٨) مكنة حدادة ثقيلة لإنتاج شركة (ناشيونال) ، صنعت لتشكيل مختلف المنتجات على نطاق واسع . وتزن هذه المكنة (٥٠٠,٠٠٠ رطل) . وتشكل في ورش الحدادة اليوم ، أجزاء لم يمكن تشكيلها من قبل لتعسر أداء عمليات التشكيل أو لارتفاع تكاليفها ، وذلك باستعمال مكينات حديثة جديدة التصميم . وأصبحت الأشكال الدقيقة والأجزاء التي بها مقاطع متغيرة وأسطح خارجة غير منتظمة في نطاق إمكانيات التشكيل بمكينات الحدادة ونقصت إلى حد كبير كمية المعدن الزائد التي يلزم إزالتها بالتشغيل بالمكينات .

وبين (شكل ٩) مشغولات مختلفة شكلت في مكينة حدادة ثقيلة من إنتاج شركة (ناشيونال). ومن الممكن هذه الأيام تشكيل مختلف المشغولات على نطاق واسع، مثل حلقات سلاسل السحب المخرومة، والمفاتيح الصندوقية والمسامير الملولة وصواميلها، والصمامات الكبيرة، ورؤوس المسامير الملولة الكبيرة المصنوعة من اللولبيات المدرفلة ومسامير المصاعد، ومنتجات كثيرة أخرى لها أشكال دقيقة، وتحتاج إلى كمية كبيرة من المعدن لتشكيلها.



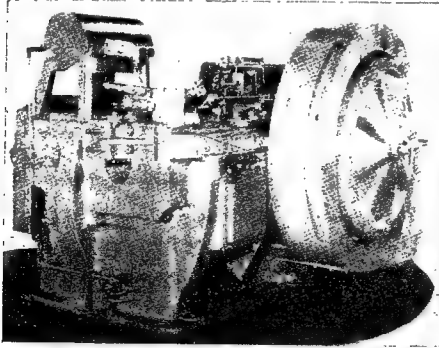
(شكل ٩) منتجات مختلفة شكلت في مكينة حدادة ثقيلة من إنتاج شركة (ناشيونال)

وتشكل مثل هذه المشغولات بسهولة نسبية، على المكينة الحديثة المصممة لإنتاج هذه الأجزاء على نطاق واسع وبدقة إلى حد كاف. وتصنع هذه المكائن جسيمة لتقاوم ما يطلب منها من استعمالات عنيفة. وتصنع أجزاء مكائن الحدادة الحديثة، بحيث يكون انطباق محور آلة الرأس على محور قوالب القبس مضبوطاً دقيقاً،

فيمتسر بذلك تشكيل الأجزاء المعقدة الصعبة . وتشمل أجزاء المكنة التي تنطبق محاورها انطباقاً جيداً مضبوطاً ، من قاعدة مدمجة قصيرة تخفض الارتداد إلى أقل حد ، ومن منزقة قابضة ، تتحرك بمخابور مسلوب ، ومن منزقة رأس ، ولوح وسادة .

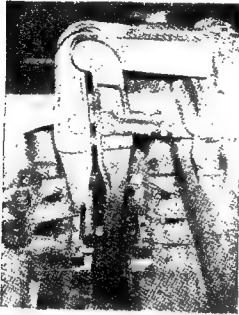
مكنات الحدادة بالكبس بالشفرة التلقائية (الأوتوماتية)

لقد تطورت مكنات حدادة جديدة لتشكيل مختلف المنتجات من الأعمدة الخام . ويبين (شكل ١٠) مكنة حدادة بلقط تغذية (أوتوماتية) تلقائي من إنتاج شركة (ناشيونال) . فيقص المعدن بالطول المطلوب ، ويسخن في فرن تلقائي (أوتوماتية) قبل تغذيته في المكنة . ويدخل المعدن الخام في الفجوة العلوية مع كل مشوار، ويغذى القضيبي أو المموود الخام ، داخل القالب بواسطة لقط تغذية



(شكل ١٠) مكنة حدادة (ناشيونال) بلقط (أوتوماتية) تلقائي

تلقائية، فتشغل المكنة قطعة واحدة مع كل شوط مهما كان عدد الكبسات اللازمة . وتدار المكنة بمحرك قدرته (٧.٥ أحصنة) وسرعته (٧٢٠ دورة في الدقيقة) وتعمل المكنة (٩٠ مشواراً في الدقيقة) .



(شكل ١١)

صندوق القالب في مكنة حدادة بلقط تغذية (اوتوماتية)تلقائية مختلفة . وتدخل قطعة جديدة من المعدن الخام في القوالب في كل مشوار، وتجرى عملية واحدة في كل مرحلة في آن واحد . لذا تُنتج المكنة جزءاً مطروحاً مع كل مشوار مهما كان عدد العمليات اللازمة لتشكيل المنتج .

أثر الحرارة في المادة والكبس

تتوقف درجة حرارة المعدن المناسبة لعمليات الكبس على عدة عوامل، منها شكل وحجم القطعة ونوع الصلب الذي يصنع منه وسهولة إمتلاء فراغات وجوأت القالب بالمعدن المسخن، ودرجة التشطيب المطلوب ، وكذلك عوامل أخرى تتعلق بما تتطلبه مواصفات المنتجات المطلوبة . ويسخن المعدن الخام اللازم للشغولات التي تتطلب عدة خطوات لتشكيلها ، إلى درجة حرارة أعلى بكثير من اللازم ، في حالة

تشكيل المشغولات البسيطة . وتكبس كثير من الأجزاء البسيطة ، مثل المسامير المولبة ومسامير البرشام في خطوة واحدة أو في عدد قليل من الخطوات . وتراوح درجة حرارة تسخين هذه القطع فيما بين (١٣٠٠°ف أو ١٥٠٠°ف) وهي درجات منخفضة نوعاً .

ويستحسن أن تكون درجة حرارة التسخين منخفضة قدر المستطاع لمنع الأكسدة التي تزيد عن الحد . ويمكن التشكيل في درجات حرارة أقل من (١٥٠٠°ف) لتسخين المشغولات البسيطة التي لا يحتاج تشكيلها خطوات كثيرة ، وذلك للوصول إلى أحسن النتائج . ويلزم لتسخين المشغولات المعقدة الشكل ، كبيرة الحجم ، حرارة أعلى بكثير من (١٥٠٠°ف) . ويمكن استخدام الأفران الحديدية المزودة بأجهزة التحكم في جو الفرن لتسخين مثل هذه المشغولات . وتنخفض كثيراً درجات حرارة الحدادة التي تشكل فيها المعادن غير الحديدية ، عن درجات الحرارة المستعملة للصلب . كما أن حدود أو نطاق درجات الحرارة المستعملة للمعادن غير الحديدية أضيق مما يلزم لتشكيل الصلب .

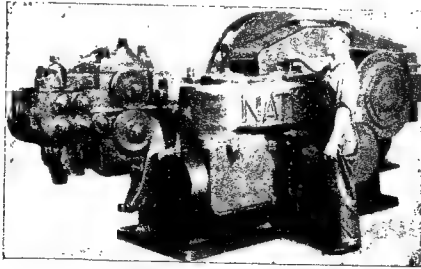
وتراوح درجات حرارة الحدادة المناسبة لكبس الصلب فيما بين (١٣٠٠°ف و ٢٢٠٠°ف) ولسبائك النحاس الأحمر فيما بين (١٠٠٠°ف و ١٦٠٠°ف) ولسبائك الألومنيوم فيما بين (٨٠٠°ف و ١٠٠٠°ف) . وتبين أنسب درجة حرارة للحدادة بتحليل جميع العوامل المؤثرة في المنتجات ، بإجراء عدة تجارب في قطع تجريبية قبل البدء في الإنتاج . ونشرت الجمعية الأمريكية للمعادن كتاب دليل للإسترشاد في سنة ١٩٤٨ يوصي بدرجات حرارة تناسب أداء مختلف عمليات الحدادة لكثير من المعادن الحديدية وغير الحديدية .

الحدادة أو التشكيل على البارد

تستعمل أساليب التشكيل بالكبس على البارد باستخدام مكنات صممت خصيصاً لإنتاج عدد كبير من الأجزاء الصغيرة من السلك الخام . واتبعت هذه الوسيلة في بادئ الأمر لتشكيل رؤوس المسامير والمسامير المولبة الصغيرة .

أما الآن، فلها تطبيقات صناعية كثيرة في إنتاج المسامير المولدة الصغيرة والكبيرة، وكذلك مسامير البرشام والحلقات والمسامير النجاري وكثير من أجزاء المكثات الصغيرة، التي يمكن إنتاجها بسهولة من غامة من السلك الطويل. وهذه الوسيلة مناسبة جداً لإنتاج كريات الصلب الصغيرة المستعملة في مركبات محاور الدوران وكذلك في صنع الإسطوانات لنفس الغرض.

وتشبه المكثات المستعملة في هذا، مكثات الحداة على الساخن السابق شرحها، إذ يكبس المعدن المسخن إلى الشكل المطلوب، في قوالب مناسبة. ويستعمل السلك الملفوف على بكرات في مكثات الحداة على البارد، فيقطع بالطول المطلوب ثم تتعاقب عليه عمليات الكبس المختلفة أوتوماتياً في مجموعات من القوالب، مصممة ومثبتة بدقة كبيرة. وتستخدم هذه الوسيلة في الإنتاج الكبير الواسع، إذ يمكن إنتاج (٣٠٠ قطعة صغيرة في الدقيقة) يمثل هذه المكثات الدقيقة المضبوطة، دون أن يلزمها مراقبة مستمرة، فيمكن بذلك لعامل واحد أن يراقب عدة مكثات في وقت واحد. وتشمل واجبات العامل إدخال المعدن في كل مكثة عند الطلب، وفحص المكثة بين وقت وآخر. والطاقة اللازمة لتشكيل الأجزاء بهذه الوسيلة كبيرة



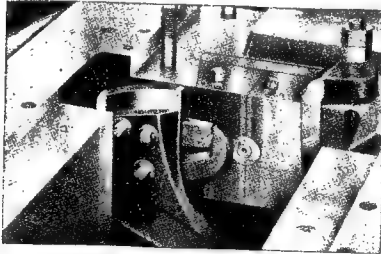
(شكل ١٢) مكثة كبس على البارد

جداً ، لذلك يمكن أن تستخدم فيها أسلاك يزيد قطرها عن بوصة واحدة .
ويبين شكل (١٢) مكنة للكبس على الباردة، تنتج الأجزاء الصغيرة مثل المسامير
الملولبة ومسامير النجارة ، وتظهر الأسطوانات التي تغذى المعدن في القوالب
إلى يسار الشكل .

خطوات صناعة قطعة بوسيلة الكبس على البارد

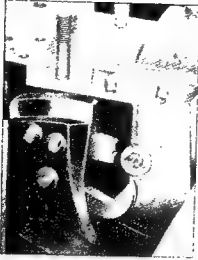
تتلخص خطوات صناعة أى قطعة بهذه الطريقة فيما يلى :

تقوم أسطوانات التغذية بتغذية السلك من البكرة، وتدفعه خلال قالب القص
إلى محدد الطول . ويبين (شكل ١٣) جزءاً من السلك أو القضيب ، ممتداً خارج
قالب القطع فيقطع ثم ينقل إلى فائض قالب الكبس بأصابع خاصة ، كما فى (شكل ١٤)
ويدفع الجزء للمقطوع من القضيب أو السلك داخل قالب الكبس ، إلى عمق
محسوب ، ثم يتقدم قالب واحد أو مجموعة من القوالب لكبس وتشكيل رأس للسمار
الملولب ، أو رأس مسمار البرشام ، أو أى جزء آخر مشابه له . ويبين (شكل ١٥)



(شكل ١٣)

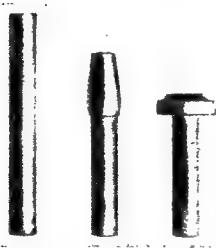
أصابع المكنة وهي قابضة على السلك الممتد خارج قالب القطع ، قبل قطعه إلى الطول المطلوب



(شكل ١٥) قطعة المعدن الخام مثبتة
في حامل قالب الكبس



(شكل ١٤) أصابع المكنة تنقل الجزء
المقطوع من السلك إلى حامل قالب الكبس



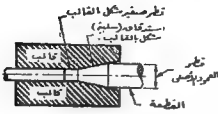
(شكل ١٦) خطوات صنع قطعة بالمعدنة على البارد

قطعة المعدن مثبتة في حامل
قالب الكبس . ويبين (شكل ١٦)
خطوات صناعة قطعة بالمعدنة
على البارد . وتُرى قطعة المعدن
للقطوعة إلى اليسار ، ثم يرى
الشكل المستدق (للساب)
في الوسط ، ثم القطعة للنتيجة للشطبة
إلى اليمين .

الاستمرارة أو اللف على البارد

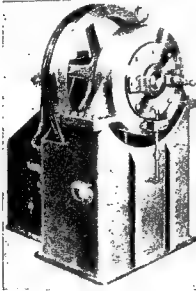
هذه العملية عملية تشكيل على البارد ، إذ ينحصر المعدن في هذه العملية داخل
مجارى قوالب التشكيل تماما ، ويتم التشكيل بتعرض المعدن لضربات متوالية
(١٢) المادن

بين القوالب . وبين (شكل ١٧)
عملية لف على البارد لإنتاج مقطع
عمود مسط ، وتشكيله باستدقاق
(بسلية) .

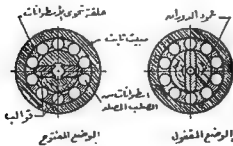


(شكل ١٧)

يتعرض المعدن في عملية الاستدارة
إلى تقاص مقطع عمود مسط وتشكيله بسلية
أو الف هذه لتشغيل كبير على البارد في جميع الجوانب ، بالقوالب المثبتة في مجرى عمود
سريع الدوران . ويدور العمود داخل مبيت ، به عدد من إسطوانات من الصلب
الصلد ، التي تضغط على القوالب عند مرورها بين كل إسطوانتين متقابلتين فتعصر
المعدن وتنقص مقطعه إلى الشكل والحجم
الطلوبين . وبين (شكل ١٨) مكنة
لف دائري بين كما (شكل ١٩)
قطاعين في القوالب ، في الوضعين
للقفل والفتوح .



(شكل ١٨) مكنة لف دائري



(شكل ١٩)

قطاعان بينان وضعي القوالب الفتح والقفل

يُغذى المعدن من فتحة رأس
مكينة الف الدائري ، (شكل ١٨) .
وتتوقف سرعة دوران المكينة ،
وعدد الطرقات التي تتلقاها القوالب ،
على الناتج من حيث حجمه وشكله
وتركيبه الكجوى وكذلك على كمية
المعدن المراد تنقيصه بمعمليات
الاستدارة (والف) . ويبلغ عدد
الطرقات في مكينة تدور بسرعة
(٥٠٠ دورة في الدقيقة) بها عشر
إسطوانات (٥٠٠ طرقة في الدقيقة) .

ومنتجات عملية الاستدارة (الف) تكون مستديرة للقطع دائماً . وذلك نتيجة لدوران القوالب حولها ، بينما يكون مقطع عمود المعدن الخام ، بأى شكل منتظم ، كالربيع أو المسدس أو المثلث . وتشمل الأعمال التى تستخدم فيها عملية الالف ، تشكيل المواسير الملحومة وغير الملحومة وتنقيص أقطار القضبان والأعمدة والأسلاك ، وتشكيلها بسلبية ، وكذلك تشكيل سيقان عدد القطع وأدواته بسلبية ، وتنقيص أقطار الأسلاك المستعملة فى المصابيح الكهربائية وصمامات الراديو ومختلف الأجهزة المشابهة .

وتعتبر عمليتا السبك وتحديد الأشكال ، المشروحة بالتفصيل فى الباب السابع ، ضمن عمليات التشكيل على البارد . إذ يضغط على المعدن فى هذه العمليات ، للحصول على أبعاد دقيقة مضبوطة ، وأسطح مشطبة ناعمة ، مستوية فى الأجزاء المصنوعة من الحديد والصلب والمعادن الأخرى ، إذا لم يتطلب ذلك انسياب معجن كبير . ويبين (شكل ١٨) من الباب السابع ، أمثلة لبعض منتجات السبك وتحديد الأشكال .

أسئلة للراجعة

- ١ — ماهى نظرية الحدادة بالمكائنات أو بالكبس ؟
- ٢ — صف بإيجاز العمليات الرئيسية فى الحدادة بالكبس .
- ٣ — ماهى أنواع المنتجات التى يمكن صنعها بوسيلة الحدادة بالكبس .
- ٤ — اشرح بإيجاز طريقة عمل مكينة الحدادة التى بها قابض يعمل بالهواء المضغوط ، المبينة فى (شكل ١) من هذا الباب .
- ٥ — ما المقصود باصطلاح « تغذية القضيب » ، المستخدم عند التحدث عن مكائنات الحدادة بالكبس ؟
- ٦ — ما عمل الطارد الأتوماتى فى مكائنات الحدادة بالكبس ؟
- ٧ — صف بإيجاز كيف تصمم قوالب الحدادة بالكبس .
- ٨ — اذكر بعض منتجات الحدادة بالمكائنات أو بالكبس .
- ٩ — صف بإيجاز العمليات المتوالية المستخدمة فى تشكيل الترس المجمع بالحدادة بالكبس ، المبين فى (شكل ٧) من هذا الباب .
- ١٠ — كيف تتحسن الخواص الفيزيائية لمنتجات الحدادة بالكبس ؟
- ١١ — صف بإيجاز طريقة تكوين التجويفات الداخلية ، والفجوات العميقة فى منتجات الحدادة بالكبس .
- ١٢ — صف بإيجاز الأجزاء الرئيسية فى مكينة حدادة ، تشكل القطع المبينة فى (شكل ١٠) من هذا الباب .
- ١٣ — صف بإيجاز طريقة عمل مكينة حدادة بتغذية أوتوماتية .
- ١٤ — اذكر العوامل التى تعتمد عليها درجة حرارة الحدادة بالكبس ؟
- ١٥ — متى يوصى باستعمال درجة حرارة أقل من (١٥٠٠ ف°) لتسخين الصلب قبل إجراء عملية الحدادة بالكبس ؟

- ١٦ — اذكر نطاق درجات حرارة الحدادة ، المناسبة لكبس الصلب ، ولكبس سبائك النحاس الأحمر وسبائك الألومنيوم .
- ١٧ — صف بإيجاز عملية الكبس على البارد .
- ١٨ — صف بإيجاز العمليات المتتابعة المبينة في أشكال (١٤ و ١٥ و ١٦) من هذا الباب ، التي تُتَّبَع في تشكيل جزء بالحدادة بالكبس على البارد .
- ١٩ — صف عملية الاستدارة باللف على البارد .
- ٢٠ — ما هي الوسيلة المستعملة للحصول على مقاسات دقيقة ، وأسطح مشطبة ناعمة في المنتجات ؟ .

الباب التاسع

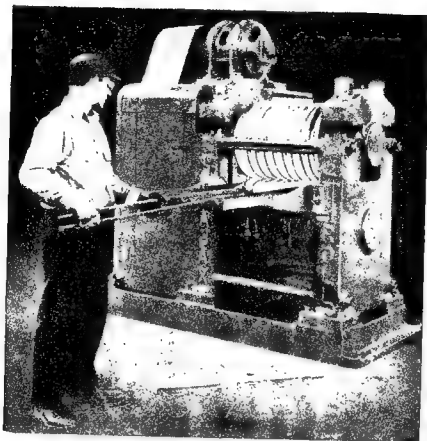
وسائل أخرى للحدادة

حدادة الصلب باستعمال الدرافيل

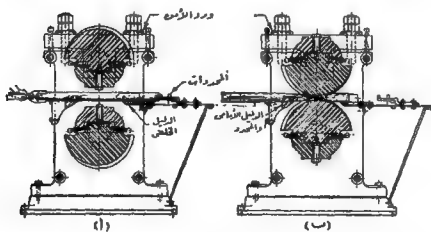
يمكن حدادة مختلف الأشكال التي بمقاطع مستقيمة أو مسلوكة باستعمال الدرافيل ، فيوضع المعدن الخام في هذه العملية بين قالبين على شكل درفيلين مقطعهما نصف دائرتين لها مجار تشكل القطعة حسب المطلوب . ويحدد عدد اللرات التي يجب أن يمر فيها المعدن بين الدرافيل ، بالمقادير التي يجب تنقيصها من مقطع المعدن ، وكذلك درجة تعقيد شكل المنتج المطلوب . ويبين شكل (١) مكنة حدادة بدرافيل في أثناء الأداء .

وتحمل أعمدة الإدارة قوالب الدرافيل ، التي يجب أن تدور بصفة مستمرة في اتجاه العامل . ويوضح شكل (٢) ، طريقة الأداء بمكنة حدادة بدرافيل . ففي (١) الدرفيلان في الوضع المفتوح ، وبينهما قطعة المعدن المسخن مثبتة في الدليل والمحددات المتحركة أو المواقف ، وفي (ب) الدرفيلان متلامسان ، والمعدن معصور بينهما في مجاريهما ، يخرج المعدن من ناحية العامل في اتجاه دوران الدرفيلين ، وعند وصول الدرفيلين إلى الوضع المفتوح ، المبين في (١) يضع العامل القطعة في المجارى المناسبة التي في الدرافيل ، وتكرر عملية الدرفلة إلى أن تشكل القطعة بالشكل النهائي المطلوب .

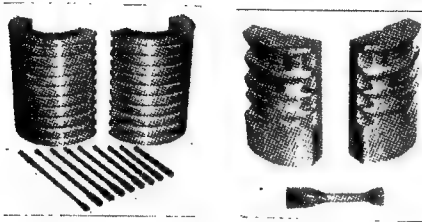
إذا كان التشكيل بسيطاً ، والقطع المشكلة قصيرة ، كما في حالة أذرع التوصيل في المحركات ، تستعمل قوالب مجزأة ، مجارياً تقل في المقطع من البداية إلى النهاية



(شكل ١) مكنة حدادة بدرافيل ، إنتاج شركة (أچاكس) في إنشاء الآداء



(شكل ٢) طريقة أداء مكنة حدادة بدرافيل

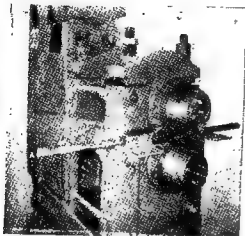


(شكل ٣) قوالب مجزأة تغير مقاطع مجاريها (شكل ٤) قوالب نصف اسطوانية

- انظر (شكل ٣). وهذه القوالب رخيصة التكاليف ، لأن فجواتها وتشكيلاتها ، تشغل في كل من القالبين على الممكنات في وقت واحد . وهذه القوالب خفيفة ، وتصنع من الصلب السبائكي الجيد . وتعامل حراريا لتصليدها إلى درجة عالية بعد تشغيلها بالممكنات ، ويلزم تجليخ أسطح التشكيل لاستبدال الاعوجاج الذي ربما يحدث إثر المعاملة الحرارية . وتثبت القوالب على أعمدة الإدارة ، بطريقة تيسر استعمالها بسرعة وببساطة .

تستعمل قوالب نصف إسطوانية ، لدرفلة القطع المتوسطة الطول ، مثل أعمدة المحاور (شكل ٤) ، وتثبت هذه القوالب أيضا على أعمدة الإدارة ، ويمكن تغييرها بسهولة . ويمكن تشغيل معظم الأسطح العمالة في القالبين في نفس الوقت ، بتثبيتها على شاقفة . ويمكن صنع هذه القوالب بحيث يمكن تشغيلها في الاتجاهين ، لدرفلة القطع الطويلة بعض الشيء . ولهذه القوالب بدايتان في نهايتي فجوات ومجاري التشكيل ، في المكان الذي يحدث فيه أكبر مقدار من التآكل .

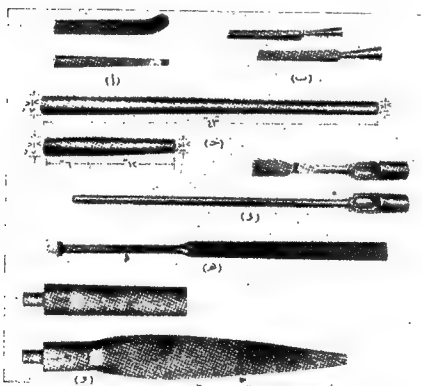
تكون القوالب إسطوانية الشكل ، وتثبت فيها أطراف أعمدة الإدارة من الجهة اليمنى ، وذلك لتشكيل القطع الطويلة ، كما في (شكل ٥) . وتصنع القوالب بطريقة اقتصادية على شكل حلقات ، بحيث لا يزيد الجزء المقطوع من محيط



(شكل ٥) قوالب إسطوانية في أثناء الأداء

الحلقات مما يلزم لادخال طرف الخامة أو يزيد مما يلزم لتغذيتها بين القوالب . ويتحدد تعرض هذه الحلقات ، بطول الجزء المطرف عن أعمدة الدوران . وهذا يحدد عدد المجارى . وتركيب القوالب في النهايات المطرقة ييسر عمليات استبدالها بغيرها . وبين (شكل ٦) مجموعة

من المشغولات صنعت بمكنة حدادة بالدرافيل .



(شكل ٦) مشغولات شطت بمكنة حدادة بالدرافيل

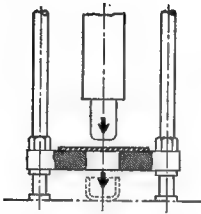
التخريم والسحب الهيدرولي على الساخن

تتلخص طريقة التخريم وسحب المادن هيدروليا على الساخن ، خصوصا في حالة الصلب ، في تسخين المعدن الخام المسط المربع المقطع ، ثم وضعه في قالب إسطوانى ، يوضع تحت كباس هيدرولى في المنتصف ، فيشكل المعدن (الخامة) المسخن ، بشكل القالب في أثناء هبوط الكباس ، فيتحرك المعدن المعجن اللدين ، متجها إلى أعلى في الفراغ بين الكباس وجوة القالب ، كما في شكل (٧) . ويرتفع الكباس عند انتهاء شوط النزول ، فيخرج من تجويف المعدن ، ثم يرتفع دبوس الطرد وتخرج القطعة المشكلة من فجوة القالب .

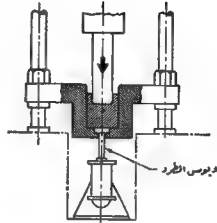
وتلى عملية التخريم عادة ، عملية السحب على الساخن . وتتلخص هذه في دفع المعدن المجوف في مجارى مجموعة متعاقبة من الدرافيل ، أو في قوالب حلقيه المقطع ، مثبتة على مسند دفع . وينقص مقطع للمعدن المجوف . ويتناقص قطره فيزيد في الطول . وذلك عند تشكيل الأنابيب والمواسير . وتشكل إسطوانات مختلفة الأقطار ، إلى مواسير للماء أو الغاز أو الهواء ، بطريقة التخريم على الساخن . كما تستخدم طريقة التخريم على الساخن ، في المراحل الأولى في صناعة المواسير ، بواسطة السند والدفع .

وتتلخص وسيلة السحب على الساخن ، في تسخين قرص من المعدن بتخانة معينة ، ثم بوضعه على قالب إسطوانى الشكل ، تحت رأس الكباس الهيدرولى . فيدفع الكباس في أثناء هبوطه ، القرص للمعجن اللدين داخل فجوة القالب ، فيشكل القطعة على هيئة وعاء إسطوانى (كوز) وتسقط القطعة عند خروج رأس الكباس كما في شكل (٨) .

ويترك خلوص كاف ، بين جدران فجوة القالب الأسطوانية ، وبين الكباس في عمليات التخريم على الساخن ، لمنع انبعاج القرص الخام ، ويزيد هذا الخلوص عن تخانة المعدن الأصلي ، بمقدار مناسب ، تحدده الخبرة والتجربة . ويمكن تغيير



(شكل ٨) عملية السحب على الساخن



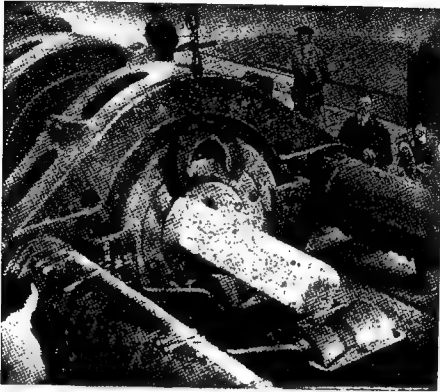
(شكل ٧) التخريم

طول وقطر وتخانة المعدن ، بإعادة تسخين القطعة للمشكلة (الكوز) ، وبضغطها بالتتابع في مجموعة قوالب السحب وتنقيص للقطع على المسند الدافع .

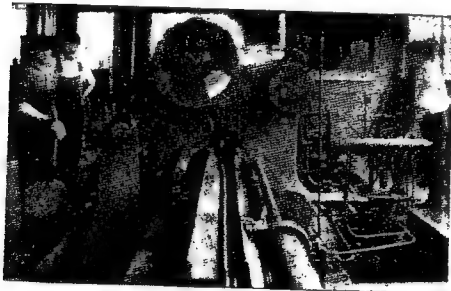
وتشكل إسطوانات تعبئة الأكسجين والأسيتلين ، بطريقة السحب على الساخن ، كما يمكن تشكيل إسطوانات مقفلة من ناحية واحدة بهذه الوسيلة . ويمكن تشكيل الأسطوانات التي تتحمل الضغط العالي ، بقطر يصل إلى خمس أقدام ، وطول يصل إلى (٤٥ قدما) بنقبة شبق مسخن ربما يصل وزنه إلى (٢٥ طنا) ، ثم يسحبها في أثناء تسخينه واحدة . وتختصر هذه الطريقة في زمن التشكيل كما تحقق اقتصادا في تكاليف إدارة الآلات والمكينات ، كما يقل احتمال أكسدة السطوح المشغلة وتستخدم المعدات اللازمة لتشكيل هذه القطع الكبيرة المخوفة على مكبس تخريم هيدرولي ، وعلى مسند دافع هيدرولي كالموضح في (شكل ٩) .

بس المعادن على الساخن

هذه وسيلة أخرى من وسائل تشكيل المعادن اللدنية المعجينية ، وتتلخص في تسخين كتلة من فلز أو سبيكة مناسبة ، إلى درجة حرارة تناسب عملية البثق ، ثم في وضعها في إسطوانة مكبس البثق . يدفع للمكبس أو الرأس للمعدن خلال ثقب مشكلة في قوالب البثق . وأنسب للمعادن لعملية البثق على الساخن ، هي التي يمكن رفع



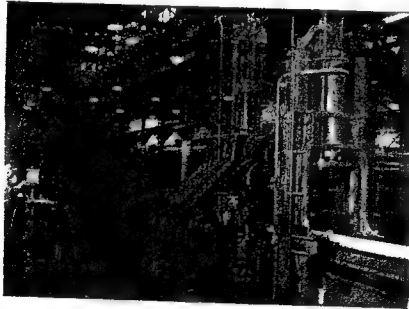
(شكل ٩) مسند دفع هيدرولي قوته (١٥٠٠ طن)



(شكل ١٠) مكينة بتي قوتها (١٠٠٠ طن)

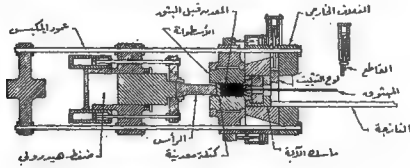
درجة حرارتها إلى ما يقرب من درجة حرارة انصهارها قبيل دفعها في فتحات القوالب ، فتصلح للانسياب بالثق . وتراوح هذه الدرجات فيما بين (٦٠٠° ف و ٨٠٠° ف) . وتبقى للمادن شبه اللينة التي بين التسييل والتجمد خلال فتحات القوالب ، ولكن يلزم أن تتجمد مباشرة بعد خروجها من هذه الفتحات أو الثقوب . ويبين (شكل ١٠) مكنة بثق ، تشكل قضباناً تخرج من القالب ، فتجري على سطح مهيأ لاستقبالها . وتقطع هذه القضبان إلى الأطوال المطلوبة بعد أن تبرد .

تبقى مختلف المعادن والسبائك غير الحديدية ، مثل الأليومنيوم والنحاس الأحمر والنحاس الأصفر والمغنسيوم والرصاص وما يشابهها ، بمقاطع مختلفة مشكلة حسب ما يطلب تجارياً ، وهي إما مسطحة أو أنبوبية ، بمقاطع مستديرة أو مربعة أو سدسة ، ويسهل بثق بعض الأشكال التي لا يمكن درفلتها مضبوطة الشكل أو دقيقة الأبعاد ، أو نظيفة أو ناعمة الأسطح مع الاحتفاظ بخواصها الميكانيكية العالية .



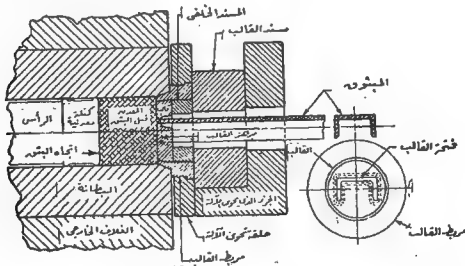
(شكل ١١) مكبس بثق قدرته (٢٥٠ طن)

ويبين شكل (١١) مكينة بثق ضغطها (٤٢٥٠ طنا) بشركة (رينولدز) للمعادن . وتصمم مكابس البثق على الساخن ، للأداء بها بضغط تتراوح فيها بين (٨.٠٠٠ و ١٠٠,٠٠٠ رطل على البوصة المربعة) . تُبثق فيها كتل بأقطار ربما تصل إلى (١٤ بوصة) . ويبين (شكل ١٢) ربما تخطيطيا لمكبس بثق ، يستعمل



(شكل ١٢) مكبس بثق يستعمل في تشكيل مقاطع من الألمنيوم في إنتاج مقاطع من الألمنيوم ، فيضغط الرأس الهيدرولي على الألمنيوم الساخن ، فينبثق خلال فتحة القالب بالمقطع المطلوب .

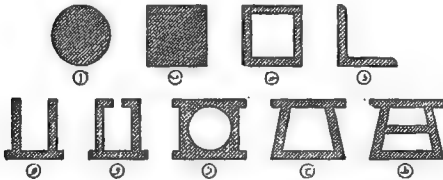
ويبين شكل (١٣) ، العدد والقوالب المصنوعة من الصلب ، المستخدمة في إنتاج مقاطع من الألمنيوم . وهذه العدد : قالب بثق ، وكتلة ترجيع ،



(شكل ١٣) آلات من الصلب تستعمل في إنتاج أشكال من الألمنيوم

ومربط للقالب ، وكتلة القالب ، ووعاء العدد . وتتراوح أقطار الكتل الخام فيما بين (٤ ، ١١ بوصة) .

تشكل مختلف المبتوثات من الأليومنيوم بأحجام وأوزان وأنواع متباينة . وتحدد دائرة قطرها حوالى (١٢ بوصة) أكبر مقطع يمكن بثقه تجارياً . وربما يبلغ ضغط بعض المكابس إلى (٥٥٠٠ طن) ويمكن بها تشكيل مبتوثات متحد مقاطعها دائرة قطرها (١٢ بوصة) ، وهذه الدائرة أصغر دائرة يمكن أن تحتوى شكل للقطع . وتتراوح سمك المبتوثات فيما بين (٠.٥ بوصة وعدة بوصات) حسب الأحوال . ويمكن بثق السبائك اللينة ، بتخانات تقل عنها في السبائك التى تقاوم الشد بدجة متوسطة أو عالية . ويثق الأليومنيوم بمقاطع قضبان أو أعمدة أو إسطوانات أو أشكال لإنشائية قياسية أخرى . وتبوب هذه المبتوثات الخاصة ، تبعاً لدرجة صعوبة إنتاجها . وتندرج صعوبة الإنتاج من الأشكال المسطحة ، إلى نصف المجوفة ، إلى المجوفة تماماً . ويبين شكل (١٤) مختلف أنواع المبتوثات .

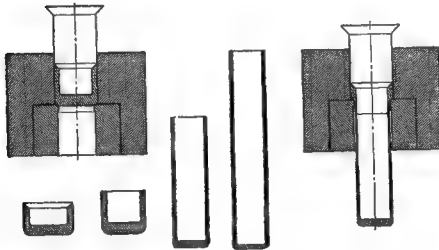


(شكل ١٤) مبتوثات من الأليومنيوم

بثق المعادن على البارد

تستخدم هذه الوسيلة لتشكيل المعدن العجيفى الدين بالثق على البارد ، وتلعبه في عملها البثق على الساخن ، إلا أن المعادن المشكلة بها لها انسابية عجينية تكفى لتشكيلها وهى باردة ، دون الحاجة إلى أى تسخين يسبق العملية . ولهذه

المعادن عادة محمولة كبيرة . وتجري عملية البثق على البارد بطرق عديدة، وأوسعهما انتشاراً طريقة (هوكر) وطريقة الصدم . وتتخلص طريقة « هوكر » أو البثق في اتجاه أسفل ، في ضغط كتلة تخينة على شكل (كوز) خلال فتحة القالب . وتجري العملية بسرعة كبيرة في مكبس يعمل بمرفق عادي ، وتكون كتلة المعدن غالباً صغيرة نسبياً . ويدار للمكبس بمرفق واحد أو بأكثر من واحد ، ويتحكم طول ساعد المرفق (نصف قطر دورانه) في طول مشوار المكبس . وتصنع للبشوقات الخفيفة بهذه الطريقة ، مثل الأنابيب رقيقة الجدران غير الملحومة ، وأغلفة الطلقات النارية الصغيرة . وبين شكل (١٥) ، أربع خطوات في صناعة غلاف طلقة نارية صغيرة من النحاس الأصفر .



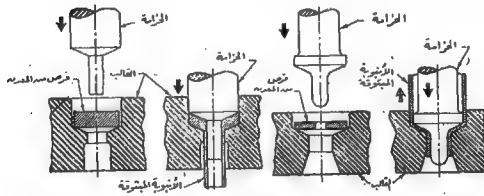
(شكل ١٥)

العمليات المتتالية لتشكيل غلاف طلقة نارية صغيرة من النحاس بطريقة « هوكر »

وتجري العمليتان الأوليان في مكبس ميكانيكي أو هيدرولي ، قبل عملية البثق ، وتستعمل في ذلك قطع مسطحة من المعدن ، بقطر وتجانسة معينة ، وتسخن القطعة قبل التشكيل ، أو تشغل على البارد . وبين أحد مقاطعات شكل (١٥) وضع الخرامة وقطعة المعدن عند بدء العمل كما يبين قطاع آخر وضعهما قبل

تغطيهما مباشرة . تضغط كتف الخرامة على المعدن ، فينساب خلال المسافة الخلفية المحددة فيما بين الخرامة وجوة القالب الإسطوانية .

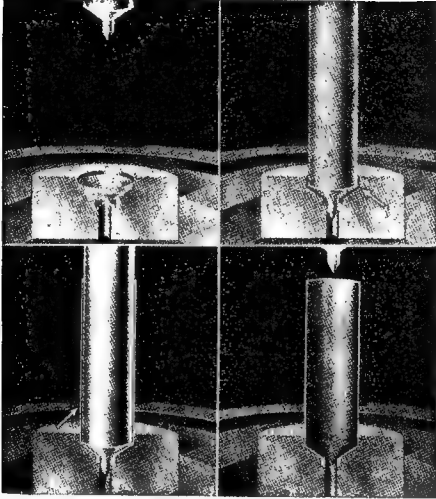
ويمكن بثق أنابيب النحاس الصغيرة كأغلفة الطاقات النارية الصغيرة بطريقة « هوكر » ، فتوضع قطعة من المعدن على شكل قرص له قطر وتجانة معينتان ، في قالب مناسب ، ثم تضغط في القالب بواسطة خرامة كما في شكل (١٦) . وتنتج قطع مماثلة من معادن أخرى لينة بهذه الطريقة . وتتلخص طريقة الصدمات ، أو البثق إلى أعلى ، في وضع قطعة من المعدن على شكل قرص له قطر وتجانة معينتان في فتحة القالب ، ثم يصدم بضربة واحدة مفاجئة بالخرامة وذلك لدفع المعدن إلى حول ساق الخرامة ، كما شكل (١٧) .



(شكل ١٦) بثق الأنابيب وأغلفة
الطاقات النارية الصغيرة من أقراص مسطحة
بطريقة « هوكر »

(شكل ١٧) بثق الأنابيب المتنافسة
القطر ، بطريقة الصدمات على البارد .

وبين شكل (١٨) أربع خطوات تتبع لتشكيل أنبوبة من الألمنيوم ، بطريقة البثق بالطرق . توضع قطعة من الألمنيوم الخالص النقي إلى درجة كبيرة ، في فتحة القالب في مكبس البثق ، وتضرب الخرامة قطعة المعدن ضربة عظيمة ، فيرتفع المعدن المتبقي حول ساق الخرامة ، ثم تطرد الأنبوبة للمشكلة من مكانها في القالب بعد ارتفاع الخرامة .



(شكل ١٨) خطوات إنتاج جزء بطريقة البثق بالصدات و ترى قطعة المعدن في مكانها (أعلى إلى اليسار) ، تصدم الحرامة المعدن (أعلى إلى اليمين) فيرتفع المعدن حول ساق الحرامة (أسفل إلى اليسار) وترتفع الحرامة (أسفل إلى اليمين) .

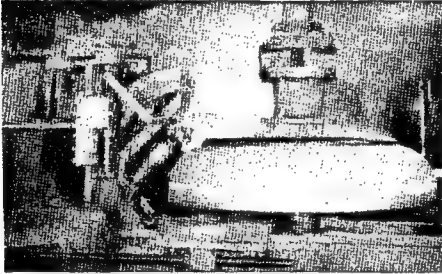
وتُشكل الأنابيب رقيقة الجدران ، من معادن ممطوليتها عالية ، مثل القصدير والاليومنيوم ، بسرعة بهذه الطريقة . وتتخذ الأنبوبة من الخارج شكل القالب ، ويساوى سمك جدارها الخلوص بين ساق الحرامة والقالب . ويشكل طرف الأنبوبة بشكل تجويف القالب وطرف ساق الحرامة ، فتلتصق الأنبوبة بساق الحرامة عند ارتفاعها ، وتُفصل عنها إما بجهاز آلي ، أو بتوجيه هواء مضغوط في الأنبوبة .

تصل سرعة الإنتاج بهذه الطريقة إلى (٥٠ أنبوبة في الدقيقة) . وجميع العمليات في هذه الطريقة أوتوماتية . ويتراوح الضغط فيما بين (٥٠ و ١٠٠ طن) تبعاً لحجم الأنبوبة . وتشكل الأنابيب رقيقة الجدران لصنع أنابيب معجون الأسنان ومعجون الحلاقة ، و « البويات » وما يشابهها من المواد ، اقتصادياً بطريقة البثق بالصدّات .

تشكيل الصلب بالدرورانه السريع بالتشغيل على الساخن

وتتلخص هذه الوسيلة في تشكيل الصلب المسخن إلى أشكال إسطوانية وأشكال أخرى مستمرة الشكل ، مثل أطراف الغلايات والمراجل ، أى (رؤوسها) ، وقيعان الصهاريج الأسطوانية ، وما يشابه ذلك . لقد طورت مكينات التشكيل بالدوران السريع ، لتشكيل (الفلنشات) الشفاه المختلفة . وأمكن تشكيل أقراص وأطراف صهاريج ربما تصل أقطارها إلى (٢٠ قدماً) باستعمال بعض هذه المعدات الكبيرة . ويمكن التحكم جيداً في الخامة في أثناء عملية التشكيل بالدوران السريع ، بحيث لا تُشوه بنيتها الانسيابية أو الحبيبية وبحيث تقل الإجهادات الداخلية المتبقية بعد العملية . وبين شكل (١٩) عملية تشكيل بالدوران السريع على الساخن ، لتشكيل رأس طرف كبير من الصلب ، لغلاية أو مرجل ضغطه عال ، على مكينة التشكيل بالدوران السريع . وتضبط السرعة الخطية ، وتنظم ، لتوليد ضغط تشكيل منتظم لا يتغير ، وذلك باستخدام محولات ، تحول التيار المتردد إلى تيار مستمر . وهذا التيار يستعمل لإدارة المحرك الكهربى ، الذى يدير المحور بسرعات مختلفة . وزيادة قدرة وقوة الربط ، تمنع الانزلاق في أثناء التفكيك ، كما تسمح لتشكيل ألواح مخيطة ، بأشكال دقيقة الأبعاد ، مضبوطة الشكل . يساعد مبيت القالب ، الذى على شكل ربع دائرة (شكل ١٩) ، على تنظيم التشكيل ، والتحكم في الشكل النهائى ، وفي تحانات القطعة بتفاوت مسموح في الأبعاد ، دقيق . وتنتج بذلك مشغولات مضبوطة منتظمة من كل الوجوه . ويحسن السطح المشغل كثيراً باستعمال إسطوانات سنادة

على اسطوانة جهاز ربيع الدائرة ، للتخلص من التذبذب والارتجاج . وتشغل هذه القطع بمختلف الأحجام والتخانات والأشكال ، من معادن مختلفة ، على مكينات التشكيل بالدوران السريع ، المخصصة لذلك . وأنسب المواد لهذه العملية ، هي الصلب المكسو (المكلد) ، والمعادن غير الحديدية . وتتكون ألواح الصلب المكسو (المكلد) من طبقة أساسية من الصلب الكربوني أو الصلب السبائكي منخفض الكربون ، ومن طبقة رقيقة من معدن يصمد للتآكل التفاعلي ملتصقة على سطح واحد من الطبقة الصلب الأساسية أو على كل من سطحيها .

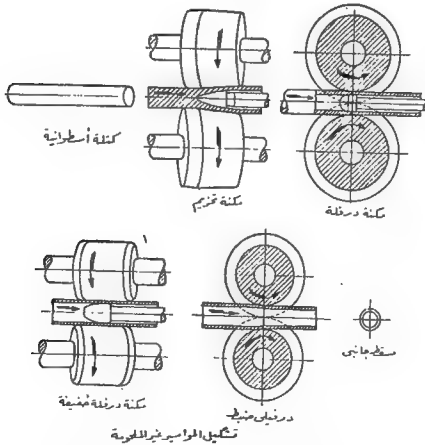


(شكل ١٩) تشكيل رأس مرجل ضغطه عال ، على مكينة كبيرة بالتشكيل بالدوران السريع على الساخن ، المعدن في درجة الحرارة البيضاء

تشكيل المواسير غير الملحومة على الساخن

يشيع استعمال هذه الطريقة في إنتاج (المواسير) غير الملحومة . وتتلخص الطريقة في تسخين كتل اسطوانية من الصلب ، ثم تخريمها على مكينة تخريم مصممة خصيصا لذلك . ويتكون الجزء الرئيسي في المكينة ، من درفيلين مخروطي الشكل ، محوراهما في مستويين مختلفين ، أي ليسا في مستوى واحد ، ومن شاقعة

مدببة ، لتخريم قطعة الخامة الصلب . ويدور كل من المخروطين والشاقة في اتجاه واحد . يبين (شكل ٢٠) خطوات العمل المتتابعة لتشكيل المواسير غير الملحومة . تذب كتلة الصلب الأسطوانية في أحد طرفيها ، ثم تسخن إلى درجة الحرارة العجيئية ، ثم توضع في مكينة تخريم ، وتدفع حتى تتلامس مع درفيلي التخريم ، فيمسك بالكتلة ويسحبها إلى الأمام . ويدور الدرفيلان والكتلة بسرعة كبيرة ، بينما تدخل الكتلة ببطء شيئاً فشيئاً . فتفتح الكتلة في مركز مقطعها ، وتمزق إثر عنف وقوة الدرافيل ، ويزداد الثقب اتساعاً وعمقاً ، كلما تقدمت الكتلة في اتجاه الشاقة للمدببة . وهكذا تتشكل الماسورة ، وتستمر العملية حتى تمر الكتلة بطولها الكامل بين الدرفيلين ، فتخرج في هيئة إسطوانة مجوفة ،



(شكل ٢٠) العمليات المتتابعة في إنتاج المواسير غير الملحومة

أو ماسورة قصيرة تخينة الجدران ، ثم تسحب الشاقة من الأنبوبة للشكلة ، وتوضع في الماء لتبرد وتوضع في مكانها في للسكنة ، شاقة غيرها باردة ، وتعاد العملية في السكتة التالية .

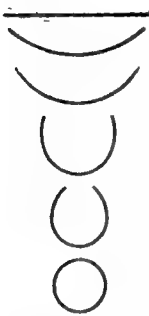
وتتلخص العملية التالية في درفلة القطعة المشكلة السابقة ، بوضع شاقة أخرى داخلها ، بقطر أقل من قطرها الداخلي ، ثم تدرفل وهي في هذه الحالة في مكنة درفلة . كما (شكل ٢٠) ، فتستطيل للماسورة بالقدر المطلوب ، ويقل ممكها في هذه العملية . ثم تخرج للماسورة من العملية السابقة بقطر خارجي تقريبي ، لأنها لم تشطب بعد ، فتجرى عليها عملية درفلة خفيفة . وتتلخص عملية الدرفلة هذه في إمرار الأنبوبة وفيها شاقة ، بين إسطوانتين ، كما في (شكل ٢٠) ثم تجرى بعد ذلك عملية لتحديد الأبعاد وضبطها ، بدرفلتها بين درفيل ضبط دون شاقة داخلها ، وتجرى عمليتا الدرفلة الخفيفة والضبط ، عادة على البارد لتحسين درجة تشطيب السطح الخارجى ، وضبط أبعاده . وتسمى عمليات سحب على البارد .

أ.بابيب الصلب الملمومة

تشكل المواسير على نوعين : دون لحام ، وبالحام . وطرق تشكيل الأبابيب الملمومة أربع :

- ١ — لحام الشفة أمام الشفة ، وذلك في المواسير التي تتراوح أقطارها فيما بين $\frac{1}{2}$ بوصة و ٣ بوصات .
- ٢ — لحام الشفة على الشفة للأقطار التي تتراوح فيما بين (٢ بوصتين و ٢٢ بوصة)
- ٣ — لحام بالطرق للأقطار التي تتراوح فيما بين (٢٠ بوصة و ٩٦ بوصة) .
- ٤ — لحام بالصهر للأقطار التي تزيد من ٦ بوصات .

وتتلخص طريقة تشكيل الأبابيب للملمومة في تغذية شرائط معدنية باردة ، بين درافيل تشكيل خاصة ، تُشكّل الشريط بالتدرج ، وتخنيه في شكل دائري ، فإذا تمت استدارته ، تلحم حافة طولية منه في الحافة المقابلة ، لتشكيل الدائرة . وتهذب حافتا شرائط المعدن في للسكنة ، إلى العرض للناسب لتشكيل الماسورة

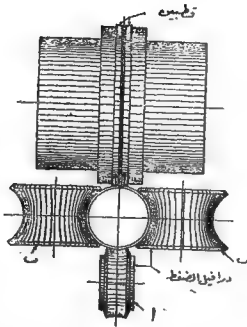


بالقطر المطلوب ، ثم يلف الشريط على ملفات (بكرات) قبل عمليات تشكيل الأنابيب ، وقبل لحامها . وبين (شكل ٢١) طريقة تشكيل شريط من الصلب بالتدرج ، ليستدير مقطعه ويصبح حلقيا دون إجهاد للمعدن زيادة مما يلزم . وتترك هذه الطريقة للمعدن المشكل ، خاليا من الإجهادات ، على عكس الحال ، إذا كان التشكيل سريعا عنيفا . ويمر الشريط في العملية الأولى بين (درفيلين) ثم على مجموعة من درافيل تشكيل ، تُشكّل للمعدن بالتدرج إلى الشكل الحلقى المطلوب ، تشغلا على البارد ، ثم يجري عملية اللحام .

(شكل ٢١) طريقة تشكيل شريط من الصلب بالتدرج إلى شكل اسطوانى حلقى للقطع دون إجهادات زائدة في المعدن

وتستخدم عمليات لحام مختلفة للحام حافى الشريط الطوليتين . وبين (شكل ٢٢) طريقة اللحام بطريقة المقاومة الكهربائية وذلك باستعمال مكينة لحام ، تعمل بتيار كبير (على الأمبير) يمر في قطبين من النحاس السائكى على شكل قرصين متلامسين في حافى للأسورة للشكلة .

ويمكن ضبط مكينة اللحام في الاتجاه الرأسى ، وهى مصممة بحيث يمكن التحكم في مقدار التيار المار في المقطعين ، وكذلك في سرعة العملية . ويمر التيار من أحد القطبين إلى الآخر ، عند مرور المعدن للشكل تحتها ، وتكفى الحرارة الناتجة من مقاومة أسطح حواف المعدن ، لمرور التيار الكهربى لعملية اللحام . ويضغط درفيلان بضغط جانبي (ب) ، ودرفيل بضغط من أسفل (أ) على حافى المعدن المسخن ، فيتلامحان ، كما فى (شكل ٢٢) . وفى حالة لحام الشفة فوق الشفة ترتفع درجة حرارة الحافتين الخارجيتين إلى درجة حرارة أعلى بكثير من درجة الحرارة التى يتعجن فيها المعدن ، فإذا ماضغطت الدرافيل عليها ، ينعصر المعدن المسخن المعجن ، فيخرج وتبقى المواضع المتلامسة بعضها مع بعض والمعدن فى حالة

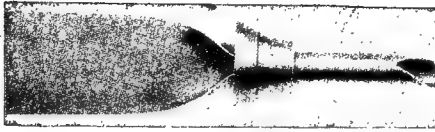


عجينية فتتلاحم تحت ضغط الدرافيل .
وتتشرب الحرارة بسرعة ،
لأن التسخين لم يحدث إلا موضعيا
عند الحافتين فقط .

ويزال المعدن الزائد (الزوائف)
المتبقى من عملية اللحام ، بعمليات
تنظيف وتشطيب مناسبة ، وتصبح
الماسورة بعد ذلك معدة للقطع ،
في مكان القطع الخاصة التي تتحرك
مع الماسورة وتقطعها بالأطوال
المطلوبة . وتستمر بهذه الطريقة
عمليات تشكيل المواسير ولحامها دون توقف . ولا تختلف الطرق الأخرى المستعملة
في لحام المواسير عما سبق شرحه .

ويمكن إنتاج الأنابيب الملحومة بالشفة على الشفة بكميات كبيرة وبطريقة أكثر
اقتصادا من الطريقة السابق شرحها ، وإن كانت أقل منها دقة ، والدقة التامة غير
مطلوبة في الأعمال التجارية . وتتلخص هذه الطريقة في تهذيب طرف لوح وهو
خارج من مكانة درفة الصلب ، ثم تسخينه في فرن إلى درجة حرارة اللحام ، أى إلى
حوالى (٢٥٠٠° ف) ثم يؤخذ بـلقط من الطرف المهذب الحواف ، ويمر في قالب
على هيئة ناقوس (جرس) ، مخروطى الشكل وهو ساخن ، فتتلاحم حافته في هذا
القالب ، كما في (شكل ٢٣) .

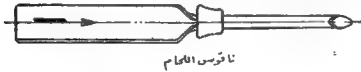
ويربط مقبض اللقط ، في سلسلة متصلة في دائرة (لانهائية) ، تسحب اللوح
المسخن خلال قالب اللحام ناقوسى الشكل ، الذى يضم حافتى اللوح ، واحدة
على الأخرى ، فتتلاحمان بذلك وتكون شكل الماسورة ، كما في (شكل ٢٣) .
وتنقل الماسورة الملحومة إلى درفيل الضغط ، لضبط قطر الماسورة الخارجى



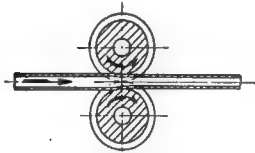
لوح مسطح



اللوحة بعد التزييب



ناقوس الحام



درفيل الضبط

طريقة الحام الشفة أمام الشفة



المسطح النهائي

(شكل ٢٣) استعمال ناقوس الحام القوية على القوية

إلى حد ما كما في الرسم الأسفل من (شكل ٢٣) . وتلى هذه العملية عملية ضبط ،
بمجموعة من الدرافيل المستعرضة . ويضبط القطر الخارجى في هذه المرحلة ، حسب
المطلوب ، ويتحسن السطح الخارجى إذ تزال القشور فى أثناء عملية الضبط
الآخيرة هذه .

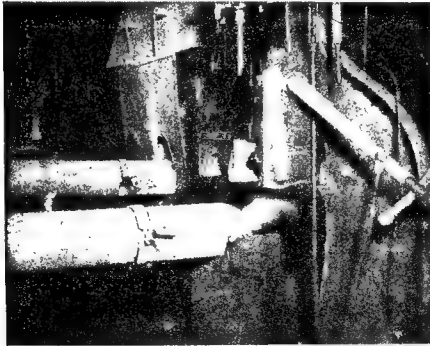
وتنقل المواسير بعد عملية الضبط النهائى ، إلى درافيل الاستبدال ، ثم تغسل
هذه المواسير بالماء وتهذب أطرافها ، ثم تالوب (تقلوظ) . وتستعمل هذه الوسيلة

في الإنتاج السريع ، إذ يمكن إنتاج (٣٠٠ ماسورة في الساعة) ، طول كل منها ٢٠ قدما . ويمكن بمثل هذه الطريقة إنتاج المواسير بلحام الطرف على الطرف بدلا من لحام الطرف في مقابلة الطرف ، القورة على القورة .

لف المعادن على الساخن

يمكن إجراء عمليات اللف بالآلات اليدوية أو بالقوالب المثبتة في المطارق البخارية ، أو غيرها من المطارق الميكانيكية ، كما تستخدم في تصغير فوهات الإسطوانات ، التي تستعمل لتعبئة الغازات المضغوطة أو السائلة . كذلك تستخدم في تشكيل المعادن ، التي يطلب فيها السطح أملس والأبعاد مضبوطة أيضا ، في حدادة السليبيات المخروطية . ويبين (شكل ٢٤) عملية لف إسطوانة غاز .

وتتلخص هذه العملية في تسخين فوهة الإسطوانة إلى درجة حرارة الحدادة ثم طرقها بين قالبين . وتستخدم هذه الوسيلة بالأخص ، في الإسطوانات التي يزيد

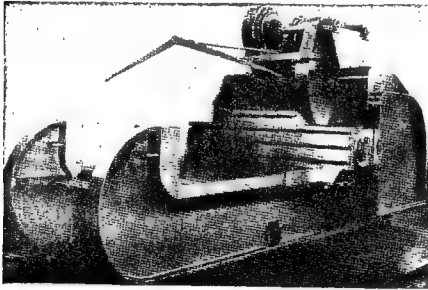


(شكل ٢٤) استعمال عملية اللف في تشكيل فوهات إسطوانات تعبئة الغازات المضغوطة

قطرها عن (٦ بوصات) أما الأنابيب التي يقل قطرها عن ذلك ، فتشكل من المواسير غير الملحومة العادية . تسخن إحدى فوهتي الأنبوبة ، وتدار بسرعة عالية في مكنة تجميع ويضغط عليها بآلة غير حادة ليس فيها حد قاطع ، مصنوعة من الصلب مريع القطع ، فينسب ويغلق الفوهة ، فتتسد .

مكنة الثنى والحنى الثقيلة

تستخدم مكنة الثنى والحنى الثقيلة ، لتشكيل المعادن السميكة ، كما يمكن الثنى عليها ثنياً عميقاً يصعب أداؤه في مكينات التشكيل بالكبس العادية . ويبين (شكل ٢٥) مكنة الثنى والحنى الثقيلة المخصصة لتشكيل الأجزاء الثقيلة . وتتكون هذه المكنة من فرش من الصلب الملحّم المقوى ، بضاروع كثيرة للثانة والجسوء . وتبطن الأسطح العالية بكتل تحميل مصلدة ، لمقاومة التآكل الاحتكاكي ، وينزل رأس دافع على الفرش ، في اتجاه كتل التحميل في أثناء المشوار الفعال ، ثم يرجع مكانه . وتستعمل قوالب بسيطة ، تتقابل عندما يتحرك الرأس المنزلق حركته



(شكل ٢٥) مكنة بطيئة لثني والحنى الثقيل

المحكومة . ويتحرك الرأس عادة عن طريق يتحرك بمجموعة تروس مباشرة وقابض احتكاكي .

ويشمل استعمال مكنة الخني والثني الثقيل ، وضع المعدن المراد تشكيله بين القالبين ، ثم توصيل القالب ، فيتقدم الرأس المنزلق الضخم ، ويخني المعدن أمامه . ويسخن المعدن عادة قبل التشكيل ، لتجنب إنكساره في أثناء انحنائه أو إنثائه ، وتستخدم هذه المكنة في عمليات أخرى لتشغيل المعادن ، مثل القص والتخريم ، واستبدال الأجزاء المعدنية المعوجة ، كما تستعمل في غير ذلك من العمليات المشابهة الأخرى .

أَسْئَلَةُ لِلْمُرَاجَعَةِ

- ١ — صف المبادئ التي تعمل على أساسها مكينة الحدادة بالدرفلة .
- ٢ — متى تستعمل القوالب المجمعة المسطحة في حدادة المعدن بالدرفلة ؟
- ٣ — متى تستعمل القوالب الاسطوانية الكاملة في حدادة المعدن بالدرفلة .
- ٤ — صف الطريقة الهيدرولية لتخريم للمعادن على الساخن .
- ٥ — صف طريقة سحب المعادن وتقصيرها على الساخن .
- ٦ — اذكر بعض استعمالات السحب على الساخن .
- ٧ — صف بإيجاز طريقة بثق المعدن على الساخن .
- ٨ — اذكر المعادن وسبائكها التي يمكن بثقها بمختلف الأشكال التجارية .
- ٩ — صف بإيجاز أهم مميزات مكبس البثق .
- ١٠ — قدر حدود وسعات مكابس البثق الكبيرة التي تستعمل حاليا .
- ١١ — قدر أحجام أكبر منتجات هذه المكابس ؟
- ١٢ — اشرح عملية بثق للمعادن على البارد .
- ١٣ — صف بإيجاز طريقة « هوكر » لبثق للمعادن .
- ١٤ — صف بإيجاز وسيلة البثق في الاتجاه العلوى .
- ١٥ — ما المقصود بتجميع للمعادن على الساخن .
- ١٦ — صف عملية التجميع لتشكيل رأس ثلاثية (مرجلية) ضبطه عال .
- ١٧ — صف بإيجاز عملية إنتاج اللواسير على الساخن بدون خام .
- ١٨ — اذكر العمليات النهائية ، لإنتاج مواسير الصلب لنشطيب سطوحها .
- ١٩ — صف بإيجاز عملية إنتاج مواسير الصلب بالبحام .
- ٢٠ — صف عملية لف للمعدن على الساخن .
- ٢١ — كيف تستعمل مكينة الدفع في تشكيل المعدن ؟

الباب العاشر

تنظيف وتشطيب المطروقات

إزالة طبقة الأكسيد

تنظف المطروقات عادة بعد تشكيلها بأحد الأساليب السابق شرحها ، وذلك قبل أو بعد عمليات المعاملة الحرارية تُكسَى أسطح المطروقات المصنوعة من الصلب بعد تشكيلها بطبقة أو بقشرة من الأكسيد لتعرض الصلب المسخن للهواء . ويتوقف سمك ومقدار هذه الطبقة على درجة الحرارة ، التي يسخن إليها الصلب ، وعلى المدة اللازمة لأداء خطوات تشكيل المطروقات . ويمكن إزالة هذه الطبقة القشرية بعدة طرق . فيستخدم البخار أو الهواء للضغط لإزالتها في أثناء تشكيل المطروقات ، وذلك بدفع الهواء باستمرار خلال جزء القالب الأسفل ، وذلك من ماسورة متصلة به ، فتزال القشرة عن سطوح المطروقات بمجرد تكوينها ، وتستخدم لذلك أنابيب مرنة لتوصيل الهواء في حالة للمطروقات الكبيرة ، وذلك لأن فتحة دخول الهواء يلزم نقلها من مكان إلى آخر في القالب . وعندما يطرُق المعدن ، أو يضغط بين جزئي القالب ، تتشقق القشرة المتكونة وتتفصل من المعدن المطروق ، وتسقط داخل القالب ، لذلك يستحسن إزالة هذه القشور مباشرة ، خصوصا من جزء القالب الأسفل قبل استمرار إجراء عمليات أخرى بهذا القالب . وتطرد هذه القشور خارج القوالب بنفخها بعد إتمام آخر عملية ، وذلك لإعدادها للدورة التالية .

وتلاحظ قابلية المطروقات للاتصاق في القوالب بعد تشكيلها النهائي في قالب التشكيل الأخير ، لذلك يرش زيت مناسب على سطوح القوالب لمنع التصاق

المطروقات . وتستخدم لذلك كمية صغيرة من الزيت ، لتجنب تلف القوالب الساخنة ، إثر استعمال كميات كبيرة من الموائع ، التي ربما تؤثر على صلاحيتها للملازمة هذه الموائع لصلب القالب الساخن ، وهذا يزيد من تآكله . وإزالة هذه القشور من المطروقات أهمية بالنسبة لعمليات تشغيلها بالمسكنات ، لأن هذه القشور صلبة ، وتنقص من حياة حدة آلات القطع وعدده إذا تركت على سطوح المطروقات . ويصعب تشغيل المطروقات على المسكنات بدقة وتفاوت صغير في أبعادها ، إذا بقيت هذه القشور على أسطحها . وكثيرا ما تستعمل بعض المطروقات لصنع أجزاء الآلات والمسكنات التي تدور بسرعات عالية والتي تتعرض لأحمال ثقيلة ، فإذا لم تزل هذه القشور عن السطوح التي تترك دون تشغيل على المسكنات ، تفصل هذه القشور وتتسرب إلى زيت المحاور وغيرها من الأجزاء الهامة في المسكنات والمحركات والآلات التي تتكون أجزاؤها من هذه المطروقات . كما يجب إزالة القشور التي على أسطح الأجزاء التي يلزم دهانها بالبويات ، وإلا ظهرت عيوب كثيرة في السطح المدهون . وتترك في بعض الحالات هذه القشور دون إزالة كما في حالة تركيبات المواسير ، لأنها تحمي السطح من التآكل التفاعلي ، التي تتعرض له هذه المواسير .

تنظيف المطروقات بالتفطيس والتحميض والبرج والهرز في براميل

التنظيف الروارة والبرش

تتلخص عملية التفطيس والتحميض ، التي تستخدم لتنظيف المطروقات ، في تفطيسها في خزان مليء بمحلول حامض ، يضاف تماسك القشور بالسطح ، ويزيلها إذا تركت المطروقات مدة معينة فيه ، وذلك إذا كان تركيزه قويا يكفي لإزالة هذه القشور عن سطح المطروقات . وكثيرا ما تضاف إلى المحلول ، مادة مانعة في خزان التحميض ، لتجنب سطح المعدن التنظيف ، فاعلية محلول الحامض بعد إزالة القشور .

ويتركب المحلول الحامض ، المستخدم في إزالة القشور من مطروقات الصلب ،

من (١٢ إلى ١٥ ٪) من الحامض الكبريتي المركز ، والباقي ماء . وترفع درجة حرارة المحلول إلى درجة حرارة ثابتة ، تختلف باختلاف المعادن . ويختبر المحلول دورياً للتأكد من نسبة تركيزه ، التي يجب أن تكون ثابتة دائماً . وتستخدم محاليل حامضية مناسبة لإزالة القشور من المطروقات غير الحديدية ، مثل النحاس الأحمر والنحاس الأصفر ، والبرنز والألمنيوم ، ومعدن «مونل» . وتستخدم عملية هز ورج المطروقات ، في براميل دوارة ، لإزالة القشور ولتنظيف المطروقات . ويلزم لهذه العملية معدات بسيطة ، تتكون من برميل لوضع المطروقات فيه مع مواد حادة آكلة ، مثل الرمل الخشن ، أو مثل أجزاء صغيرة معدنية . ثم يدار البرميل آلياً بسرعة بطيئة وهو مائل ، وتوضع المطروقات في هذا البرميل ، فتتنظف باحتكاكها بالمادة الحادة الآكلة فتتفصل القشور عن سطح المطروقات . وتتراوح المدة اللازمة لإجراء هذه العملية ، فيما بين (١٠ دقائق و ٤٠ دقيقة) تبعاً لنوع وحجم المطروقات . ولا تقتصر فائدة عملية الرج والهز هذه . على تنظيف السطح بعملية الاحتكاك مع حبيبات مادة الحك ، والمادة الآكلة ، وإنما يؤثر النقر والتصادم المتوالي ، والطرق فيما بين المطروقات على سطوحها فينظفها . ويعتقد البعض ، أن الإجهادات الداخلية المتولدة إثر عمليات تشغيل وتفكيك المطروقات ، تزال بعض الشيء بفعل هذا التصادم والنقر ، فيما بين المعدن والرمل الخشن ، والأجزاء المعدنية الصغيرة المستعملة في هذه العملية . ويجب الاحتراس عند إجراء عملية الرج والهززة ، عند أدائها ، وذلك في حالة المطروقات التي لها حواف حادة ، ومقاطع محددة ، لاحتمال تلفها بفعل الاحتكاك . وتستخدم أيضاً وسائل تنظيف مناسبة أخرى لمثل هذه المطروقات .

وتستخدم كذلك وسيلة الرش بالرمل ، والرش بكرات معدنية صغيرة ، بنجاح في عمليات التنظيف الحديثة . كما تستخدم مختلف الوسائل والمكنات ، لتنظيف المطروقات بالرش . وتتلخص إحدى هذه الوسائل في توجيه الرمل أو الحصى أو الحبيبات المعدنية (تكون عادة من الحديد الزهر الأبيض)

إلى المطروقات . ويستعمل الهواء المضغوط ، أو القوة المركزية الطاردة ، أو غير ذلك من أجهزة مناسبة ، للحصول على الطاقة اللازمة لعملية التنظيف بالرش ، فتخرج المادة الحاكة المنظفة بقوة من فوهة الرش ، وتضطدم بالمطروقات ، فتزج عنها قشورها . وتستعمل هذه الوسيلة عادة لإزالة القشور عن المطروقات ، لأثرها الواضح السريع ، على الأخص عند إنتاج المطروقات الصغيرة والمتوسطة على نطاق واسع . وتنتج عن عملية التنظيف بالرش سطوح مشطبة ناعمة .

المعدات الحديثة المستعملة لتنظيف المطروقات بسرعة وبطريقة فعالة

في (شكل ١) جهاز رش بالقوة المركزية الطاردة ، وهو أحد أنواع المعدات الحديثة المستعملة لتنظيف الماد ب سرعة . وتصل المادة الحاكة الخادشة إلى (مرة)



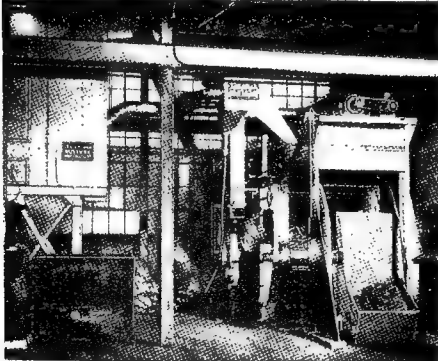
(شكل ١) مكثف الرش بالقوة المركزية الطاردة

أو مركز العجلة الدوارة عن طريق خزان مرتفع ، فتندفع بفعل طرد دوران العجلة المركزي إلى الجزء المراد تنظيفه ، بسرعة دفع هي في الواقع محصلة السرعة المركزية والسرعة (المماسية) ، وهكذا تستغل كل الطاقة المستنفدة بواسطة جهاز الرش وتكون السرعة المركزية

الطاردة في اتجاه شعاعي من المركز وتكون السرعة المماسية في اتجاه الدوران على استقامة مماس العجلة . ويمكن تقدير السرعة المحصلة ، بثلاث السرعات قائم الزاوية ، الذي يمثل ضلعاه السرعة المركزية والسرعة المماسية ، ووتره السرعة المحصلة .

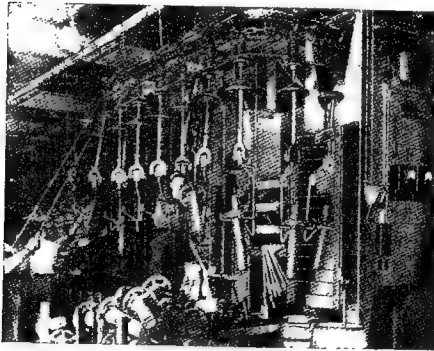
ويتبين من (شكل ١) الأجزاء المختلفة في العجلة الدوارة في مكينة الرش ،
مرموزاً لها بحروف كالأتي :

- (أ) خزان تغذية لتغذية المادة الحاكّة الخادشة .
- (ب) مادة الحك والخدش (حبيبات معدنية أو غير معدنية صلبة) .
- (ج) محددات خاصة لتحديد للسافة بين الجانبين .
- (د) جوانب من صلب صلد خاص .
- (هـ) ريش من الحديد الزهر يمكن استبدالها .
- (و) تقفيصة للضبط مصنوعة من السبائك .
- (ز) دوّارة مسبوكة من سبائك معينة (تدور مع العجلة) . وتحمل هذه
الوحدة مجمعة ، للمادة الحاكّة الخادشة إلى فوهة التحكم ، وتخرج منها إلى منطقة الرش
في العجلة .



(شكل ٢) مكينة الرش بالمركبة الطاردة في أثناء الأداء

وبين (شكل ٢) تركيبات مكنة رش بالمركبة الطاردة (٣٦ × ٤٢ بوصة) في أثناء استعمالها في تنظيف الطرقات، وذلك في مصنع شركة (كروب) في شيكاغو. والوحدة المبنية في (شكل ١)، جزء من أجزاء هذه المكنة. وتزال القشور من الطرقات بسرعة، فيحقق هذا اقتصاداً في النفقات. وتخرج الطرقات من هذا الجهاز وأسطحها منتظمة النظافة، فتُجرى بعد ذلك عملية فحصها في سر، إذ تظهر عيوب السطح واضحة. ويمكن بعد عملية التنظيف هذه، إجراء عمليات التشغيل بالمكنات والتجليخ بسرعة، لأن مكنات التنظيف تزيل القشور والشوائب الأخرى عن سطح للمدن نفسه.



(شكل ٣) مكنة تنظيف لازالة القشور والشوائب من أعمدة المرفق

وبين (شكل ٣) مكنة تنظيف من مكنات شركة (وايمان - جوردون) في (وستمينستر ماساتشوست). تزيل هذه المكنة القشور والشوائب الأخرى عن أعمدة مرفق الطائرات، وأعمدة المراوح والمنتجات المشابهة الأخرى. وتكون

الممكنة من وحدة تنظيف ، وحجرة ، وترتبية ميكانيكية خاصة ، لنقل المطروقات بتتابع يناسب خطوات أساليب الإنتاج على أساس خطومه . ويقدر الزمن اللازم لتنظيف عمود مرفق زته (٥٥٠ رطلا) ، وكذلك الزمن اللازم لتنظيف المطروقات الأخرى الثقيلة ، بما لا يزيد عن (٩٠ ثانية) . ويمر بهذه الوسيلة صف من هذه المطروقات الكبيرة ويدخل في الممكنة باستمرار وبسرعة منتظمة .

استعمال كريات معرنية لتنظيف المطروقات

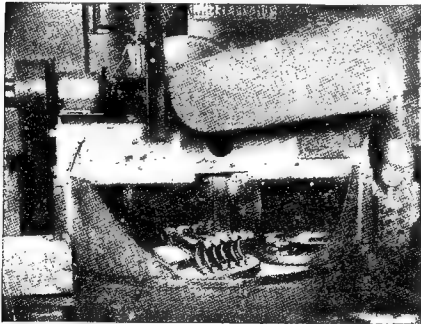
تعتبر هذه الوسيلة إحدى وسائل التشغيل على البارد ، وتتلخص في صدم سطح المطروقات بكریات من المعدن ، تنطلق وتصدم المطروقات بسرعة عالية نسبيا . والأساس في هذه العملية ، هو الضغط على السطح للاستزادة من تحمل المعدن ومقاومته . والنظرية في هذا معروفة منذ زمن طويل ، إذ تزيد عملية الصدم هذه ، مقاومة المعدن لإجهادات الكلال ، ومثلها في ذلك مثل عمليات التشغيل على البارد الأخرى ، إذ يتعرض سطح للمطروقات لإجهادات الشد والضغط والى التي تزيد عن حد المرونة .

وتنطلق الكريات المعدنية هذه ، من ريش عجلة دوارة تدور بسرعة كبيرة ، فتصطدم بسطح المطروقات وتؤثر في موضع التصادم على سطحها تأثيرا موضعيا . ولقد أثبتت التجارب أن إجهاد الضغط والصدم ، الذي يحدث على السطح إثر تصادم الكريات المعدنية يزيد عدة مرات على إجهاد الشد المستولد داخل المقطع . وبذلك تقلل الإجهادات الباقية على السطح ، أثر هذا التصادم ، من شأن الإجهادات التي تؤثر عليه ، إثر الشد المتولد في أثناء العمل . وتطيل عملية النقر زمن إجهادات كلال المعدن وتمبه في المنتج إذ أن سبب انهيار المعدن من الكلال والتعب ، يكون غالبا نتيجة لإجهادات الشد ، لا لإجهادات الضغط .

وتظهر حفر صغيرة على سطح للمطروقات ، تشابه الحفر التي تحدثها مطرقة صغيرة ، وهذا يشوه بنية السطح . كما تستولد كل حفرة من هذه الحفر ، إجهادات

ضغط تحت السطح مباشرة ، يتراوح انفعالها فيما بين (٠,٠٠٥ بوصة إلى ٠,٠١ بوصة) وبذلك توازن إجهادات الضغط هذه إجهادات الشد داخل المعدن ، المستولدة من الاستعمال ، كما تقلل إجهادات الضغط هذه ، تأثير إجهادات الشد للمضرة ، التي تسبب عادة انهيار المعدن . كما يصد هذا الصدم سطح المعدن ، لانهاله على البارد ، لذلك تحسن هذه العملية خواص المعدن المرغوب فيها .

ويمكن تحويل مكنة التنظيف المبينة في (شكل ١) ، لتقوم بعملية الصدم بالكريات ، وذلك باستخدام القوة الطاردة المركزية في قذف الكريات الصلبة الممدنية بسرعة عالية ، لتصلدم بسطوح المطروقات . كما يمكن كذلك إطلاق الكريات هذه بضغط الهواء . وتحسن مقاومة بعض أجزاء المكنات ، مثل أعمدة الدوران ، وأعمدة المرفق ، وأعمدة السكّامات ، وأذرع التوصيل ، والتروس واليايات ، لإجهادات التعب في أثناء الاستعمال بمعالجتها بالنقر . وتتمثل هذه الوسيلة بنفس النتيجة الحسنة المذكورة ، في الأجزاء غير منتظمة الأسطح ،



(شكل ٤) عملية رش أذرع توصيل بالكريات

عندما لا يتيسر معالجتها بوسائل التشغيل على البارد الأخرى . ويمكن ملاحظة سهولة استعمال وسيلة الصدم بالكريات ، لمعاملة أسطح عملية في أجزاء مثل دورانات أركان الأعمدة وأسنان التروس لغرض تجنب تركيز الإجهادات .

ويبين (شكل ٤) تركيبات مكنة لصدم أذرع التوصيل بالكريات ، في مصانع شركة (كاديلاك) للسيارات . وتوضع الأجزاء على عدة صوافي مكسوة بالمطاط ، مثبتة على هيكل شعاعي رئيسى يدور على محور في مركزه . وعند ما يدور سطح القاعدة حول محوره ، تتحرك الصوافي كل على حدة على التوالى ، فتدخل غرفة الرش ، وتدور الصوافي تلقائياً عندما تقترب من مسار تيار الرش الخارج من فوهة الرش المثبتة فوقها ، وتستمر في دورانها إلى أن تبتعد من مجال الرش . وحركة الأجزاء بهذه الطريقة تحقق رشا منتظماً على الأسطح المعرضة له . وتقلّب الأجزاء عند عودة الصوافي إلى الوضع التى تشحن فيه أو تحمل فيه ، وذلك في جزء المكنة الأمامى ، ثم تمر مرة أخرى خلال مسار تيار الرش ، لرش الأسطح التى لم تتعرض في المرة الأولى .

عمليات إضافية للتقليل من كمية التشغيل بالمكنات

يقل زمن التشغيل وكذلك كمية المعدن المزال في عمليات التشغيل (العمليات التى يقصد منها تقريب أبعاد المطروقات إلى الأبعاد الاسمية ، لأن في حالة تشكيل المطروقات المصنوعة في قوالب التشكيل ، تكون أبعادها تقريبية غير مضبوطة تماماً على الأبعاد النهائية المشطبة) عنها في المشغولات غير المطروقة ، ولكن يمكن تخفيض زمن التشغيل بالمكنات في عمليات تشطيب المطروقات ، بإعادة طرقتها أو سكها . وتجري هذه العمليات لضبط أبعاد المطروقات وتقريبها إلى الأبعاد النهائية ما أمكن . إما للاستغناء تماماً عن عمليات التشطيب بالتشغيل بالمكنات ، أو بالتجلبيح أو للاستغناء عنها إلى أدنى الحدود .

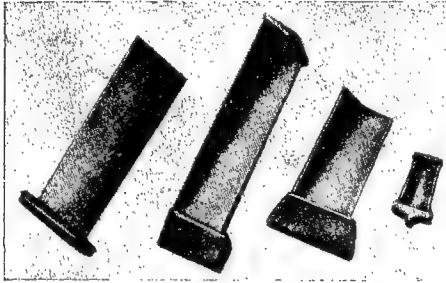
ويمكن تخفيض تكاليف الإنتاج في حالات كثيرة ، بالاعتقاد في تكاليف

رباطات ومرشدات التشغيل ، بتخفيض الوقت اللازم لتحضير الآلات وتوظيفها وتثبيتها استعدادا لتشغيل المطروقات على المكينات لتنشيطها نهائيا . لذلك يجب عند تصميم المطروقات ، الأخذ في الاعتبار ، احتياجات عمليات التنشيط بالمكينات إذ كثيرا ما يمكن تشكيل أجزاء لا تحتاج لتوظيف الآلات أو لتحضير وتهيئة المكينات استعدادا للتشغيل ، توظيفا وإعداداً معقدين .

أصبحت حدادة السبائك بالتساقط ، التي يلزم رفع درجة حرارتها كثيرا ، عملية تحتاج إلى تخصص وخبرة . وكانت الحاجة ملحة لصنع ريش التربينات الغازية المستعملة في محركات الطائرات النفاثة ، بالحدادة . وكان من اللازم أن يتوافر في هذه الريش ، مقاومة عالية لـلكلال المعدن وتعبه ، وزيادة كبيرة في حد التحمل الذي هو في الواقع العامل الأول ، والقوة الدافعة في تطوير أساليب حدادة هذه السبائك . ولا تختلف الريش في المحركات النفاثة الحديثة كثيرا ، عن الريش في الشحانات التربينية المستخدمة في المحركات الترددية ، المستعملة في الطائرات . ودعى ارتفاع درجة الحرارة التي تتعرض لها ريش المحركات النفاثة إلى تطوير واستعمال السبائك ، التي يلزم تشكيلها بالحدادة عند درجات الحرارة العالية : وهذه السبائك لها مقاومة شد كبيرة عند درجات الحرارة العالية ، كما أن لها بمطولية ممتازة وقابلية للحام . وتشكل وتصنع ريش المحركات النفاثة من هذه السبائك الجديدة ، إما بالحدادة الدقيقة ، أو بالسباكة الدقيقة .

وتستولد أساليب الحدادة الدقيقة الحديثة ، المستعملة في تشكيل هذه الأجزاء الممتازة ، خواص فيزيائية في المشغولات ، منها مقاومة إجهادات الكلال ، ورفع حد التحمل ، ومقاومة عامة ومثانة كبيرتين بالنسبة إلى مساحة المقطع ، وكذلك قدرة على التحكم في كثافة حبيبات البنية أو انتظامها . ولا تخضع بعض السبائك الخاصة المستعملة في المطروقات ، لوسائل المعاملة الجارية العادية ، لاستيلاد الخواص الميكانيكية اللازمة للاستخدام العنيف . وقد طورت إحدى عمليات الحدادة المتساقطة ، لتؤدي على خطوتين ، وذلك لتجنب هذه الصعوبة عند صنع

طارات المشحعات التريينية ، وذلك بإجراء بعض عمليات التشغيل على البارد لتصليدها . وبين (شكل ٥) ريشا مشكلا بالطرق ، تشكيلا دقيقا ، وهى جزء من أجزاء المحركات النفاثة .



(شكل ٥) ريشة من ريش المحركات النفاثة شملت بالحدادة

وتشمل عملية الحدادة الدقيقة خطوتين : الأولى تشكيل الجزء على الساخن وضبط أبعاده ضبطاً دقيقاً ، والثانية استيلاد الخواص الفيزيائية المنتظمة بتشغيلها النهائى على البارد . ويضبط مقدار التشغيل على البارد فى قوالب التشطيب ، وذلك بتصميم قوالب التشكيل تصميا مضبوطا صحيحاً . وهذه القوالب تستعمل فى الخطوة الأولى لعمليات التشكيل . وهذا يحقق صلادة منتظمة موزعة على مقطع الجزء المشغل . ويجب توافر الشروط الآتية لإنتاج مطروقات دقيقة من سبائك درجات الحرارة العالية :

التحكم فى التسخين والمحافظة على تطابق محورى قالبى الحدادة ، والعناية والمحافظة على حدة ودقة أشكال القوالب ، تحقيقاً لدقة التفاوت المطلوب . ويلزم عند حفر وتشكيل القوالب وتشطيبها ، مراعاة الدقة لتكوين تسامح وخصوص الانطباق المطولين ، وكذلك لتوليد الخواص الفيزيائية ، وتكوين البنية المنتظمة المرغوبة .

وتشمل دورة الإنتاج في عمليات الحدادة الدقيقة عدة خطوات : أولاها اختيار الخامات المناسبة ، بعد أن تفحص في معامل الفحص والتفتيش . ثم تقطع الخامات إلى أطوال تناسب عمليات الحدادة ، وذلك باستخدام مكينات النشر أو القطع بالمواد الحادة ، ثم تسخن إلى درجة حرارة الحدادة في فرن معد بجهاز لقياس درجة حرارة « بيرومتر » . وتجرى عمليات الخصر أو الكبس لتجميع كمية المعدن وتوزيعه في مواضع معينة ، للتأكد من ملء فجوات تشكيلات القوالب . ويلزم في الخطوات التالية ، كما يلزم في بعض الحالات الأخرى ، تسخين المعدن عدة مرات قبل الانتهاء من عمليات التشكيل . ويترك الجزء المطروق ليبرد ويصبح في درجة الحرارة العادية ، ثم ينظف لإزالة قشور الحدادة ليكُن من فحص المعدن للتأكد من خلوه من الالتصاقات والتشوهات والثنائيات والعيوب الأخرى . ثم يسخن المعدن مرة أخرى ، بطرقه في قوالب الضغط ، حيث يبدأ التشكيل ويستمر توليد ألياف البنية الانسيابية . ولا تطرق القطعة إلا مرة أو مرتين في عمليات الضغط ، وفي كل مرة تهذب أطرافها على الساخن ، ثم يعاد تسخينها وتطرق من جديد . وتستمر دورة التسخين والحدادة وتهذيب الأطراف ، حتى يتخذ المعدن الشكل والحجم المطلوبين في قوالب الضغط . ثم تترك الريفة مرة أخرى لتبرد ثم تفحص بعناية . وتستأنف عملية التسخين والحدادة وتهذيب الأطراف في قوالب التشطيب ، حيث يتصلد المعدن بالتشغيل ، وتستولد فيه الخواص الفيزيائية المرغوبة . وتنظف الريش المطروقة برشها برمل ناعم بعد اختبار صلاحيتها . ثم تجرى عملية فحص واختبار ، تنتخب من العمليات التي لا تؤثر في مقاومة خواص الجزء الميكانيكية . وذلك باستعمال عملية الفحص المغناطيسي ، ثم تنتهى دورة الإنتاج بفحص نهائى ، يشمل التأكد من دقة الأبعاد وفحص جودة السطح المشغل .

أسئلة للمراجعة

- ١ — صف بإيجاز الوسائل المستعملة لإزالة القشور عن المطروقات .
- ٢ — صف وسيلة لتنظيف المطروقات بالتغطيس والتحميض .
- ٣ — صف وسيلة لتنظيف المطروقات بالرج والهرز في البراميل .
- ٤ — صف وسيلة تنظف المطروقات برشها بالرمل والكريات الصلدة المعدنية .
- ٥ — صف بإيجاز أداة تركيبة الرش المبينة في (شكل ١) .
- ٦ — صف عملية الصدم والرش بالكريات المعدنية .
- ٨ — كيف ولماذا تتحسن الخواص الفيزيائية في قطعة تعرضت للرش والصدم
بكريات معدنية ؟
- ٨ — ماهى العمليات الإضافية التى يمكن إجراؤها لتخفيض كمية التشغيل
بالمكنات لتشطيب المطروقات ؟
- ٩ — صف عمليات الحدادة الدقيقة ، التى تجرى على سبائك درجات
الحرارة العالية .
- ١٠ — ماهى الخواص الفيزيائية التى تظهر فى مشغولات الحدادة الدقيقة ؟
- ١١ — صف بإيجاز عملية الحدادة الدقيقة التى تجرى على خطوتين .
- ١٢ — ما الخطوات الرئيسية فى دورة إنتاج الحدادة الدقيقة ؟

الباب الحادى عشر

معاملة المطروقات حراريا

معاملة مطروقات الصلب حراريا

يحدث لكل المطروقات ، وخصوصا المصنوعة من الصلب ، قدر معين من المعاملة الحرارية فى أثناء الحدادة . لذلك يمكن استعمالها دون إجراء معاملة حرارية أخرى عليها . ومع ذلك تجرى بعض المعاملات الحرارية على كثير من المطروقات مرة أو مرتين قبل استعمالها ، للاستفادة منها إلى أقصى الحدود . وتجرى المعاملات الحرارية غالبا قبل وبعد التشغيل بالمكائن . كما تجرى المعاملة الحرارية الأولى لتوليد بنية حُبِّيَّية منتظمة فى المعدن ، ولتيسير تشغيل المطروقات على المكائن . وتجرى المعاملة الحرارية النهائية لإعداد المطروقات المشطبة للاستعمال المطلوب : فمثلا ، تجرى عمليات تصليد ومراجعة نهائية على آلات وعدد القطع والتشكيل ، المصنوعة بالحدادة ، لضرورة الصلابة مع التانة فيها .

وتؤثر كل من درجة حرارة التشطيب الثابتة فى أثناء الحدادة ، وطريقة التبريد على المشغولات ، فتزداد صلابة المشغولات زيادة كبيرة ، نتيجة للتبريد السريع من درجات الحرارة العالية ، كما تزداد الإجهادات الداخلية بسبب تغير البنية الحبيبية . لذلك يجب إجراء عملية تخمير على المشغولات بتسخينها إلى درجة حرارة معينة ، فى فرن للتخمير ، ثم تركها لتبرد فى الفرن ببطء لتلين المعدن استعدادا لإجراء عمليات التشكيل بالمكائن . وتستخدم بعض أساليب المعاملة الحرارية ، لتصغير البنية الحبيبية بعد تضخمها . إثر إجراء عمليات الحدادة ، وخصوصا عند درجات الحرارة العالية . وتجرى جميع عمليات المعاملة الحرارية ،

بالتحكم في معدل تسخين وتبريد المشغولات وهي صلبة متجمدة ، للحصول على الخواص المعينة المطلوبة . وتجرى هذه العمليات في أفران تصمم خصيصا لتناسب المطروقات المنتجة ، والمعاملة الحرارية المناسبة لها . راجع درجات الحرارة المستعملة في المعاملات الحرارية المختلفة ، والخواص الهامة الأخرى للمعادن وذلك في جدول رقم (٣) من هذا الباب .

تخمير مطروقات الصلب

تستعمل عملية التخمير أساسا لتلين المعدن ، كما أنها تستعمل أيضا لإزالة الإجهادات الداخلية عن المطروقات ، وكذلك الغازات لتحسين الخواص الفيزيائية والميكانيكية . وتتلخص العملية في تسخين المطروق في فرن التخمير إلى درجة حرارة المعدن الحرجة أو إلى درجة أعلى منها ، وهذه تتراوح فيما بين (١٣٠٠°ف و ١٦٥٠°ف) تبعا لنوع ومستوى الصلب المصنوع منه الجزء ، والغرض الذي من أجله تجرى عملية التخمير . ويترك المطروق عند إحدى الدرجات فيما بين حدود درجة الحرارة المذكورة لفترة معينة من الزمن . ثم يترك ليبرد ببطء داخل الفرن . وتضبط درجة حرارة التخمير ومعدل سرعة التبريد خلال عمليات التخمير .

ويحقق إجراء عملية التخمير على الوجه الأكل النتائج الآتية :

إزالة الانفعالات المترتبة في أثناء مختلف عمليات الحدادة ، والانفعالات الناتجة من الضغوط الداخلية في المعدن ، وتلين المعدن لتشكيله بالمسكنات أو تجليخه ، وتغيير مموليته وتصغير بنيته الحبيبية ، وتوليد بنية معينة في المعدن حسب الطلب . ويلزم اتباع خطوات العمل المناسبة لنوع الصلب المستخدم ، وإلا تتلف القطعة للأضرار اللاحقة بها إثر خطأ المعاملة الحرارية . ويجب تخمير المطروقات المصعدة قبل تشغيلها بالمسكنات أو تجليخها ، مع حمايتها من تكون القشور ، وتخليصها من الكربون على قدر الإمكان .

وتستخدم أفران خاصة يمكن التحكم في جوها ، لتخمير المطروقات عالية الجودة ، وإذا لم يمكن التحكم في جو الفرن ، تعامل داخل صناديق محكمة في الأفران العادية . ويجب إذا استعملت الصناديق أن تملأها بمادة كربونية (لحم نباتي أو غازات أو سوائل تحتوي على السكريون ... الخ) تناسب الغرض . ويلزم في كل من الطريقتين ، تسخين بطيء من درجات الحرارة للنخفضة إلى درجات الحرارة العالية المضبوطة ، وخلال مدة كافية عند هذه الدرجة ، تسمح بتغلغل الحرارة داخل المطروق ، ثم تترك للمطروقات لتبرد في الفرن ، أو تفرغ من الصندوق وهي ساخنة ، ثم تدفن في رماد جاف أو في جير ، أو أى مادة أخرى عازلة هامة كيأويا ، ثم تترك حتى تبرد . ويستحسن استخدام هذه الطريقة في تبريد مطروقات صلب العدة بعد عمليات الحدادة مباشرة . ولأغلب أنواع صلب العدة خاصة التصلد في الهواء ، لذلك يلزم تبريدها ببطء من درجة حرارة الحدادة العالية . كما يجب حماية المطروقات من الرطوبة وتيارات الهواء ، بدفنها في إحدى المواد العازلة الهامة للذكورة .

استعمال بنية مطروقات الصلب

استبدال البنية عملية تجرى بعد العمليات الحرارية والدفلة ، لتوليد بنية منتظمة ، ولتصغير حبيباتها ، كما تجرى هذه العملية على المطروقات ، إذا اتضح أن الصلب قد سخن أكثر مما يجب ، أو إذا لم تعرف العمليات التي أجريت على المطروقات قبلا . وتتلخص العملية في رفع درجة حرارة الجزء إلى (١٠٠٠°ف) فوق درجة الحرارة الحرجة ، ثم في تبريدها في الهواء في درجة حرارة الجو العادي . ويحسن إجراء عملية الاستبدال بين عمليتي الحدادة والتخمير في بعض أنواع ومراتب الصلب ، لأنها تزيد من مطاويعته للعمليات التالية . ودرجات الحرارة الحرجة في المعادن ، هي درجات الحرارة التي عندها تتغير خواصها الفيزيائية ، وتصبح بنية المعادن بعد بلوغها درجة الحرارة الحرجة ، حرة ، فيمكن بدء تبلورها

إلى درجة سهولة تشغيل الأجزاء الخمرمة . وترتفع مقاومة الشد ، ونقطة الخضوع في المطروقات التي أجريت عليها عملية الاستبدال ، عن مثيلاتها التي أجريت عليها عملية التخخير .

تصليد مطروقات الصلب

تجرى عملية تصليد مطروقات الصلب بتسخينها إلى درجة أعلى بقليل من درجة الحرارة الحرجة ، ثم تبريدها بسرعة ، بتغطيس الصلب الساخن في وسيط مُبرّد مثل الماء ، أو محلول ملح في الماء ، أو الزيت . وكان الصلب يسخن قديماً في كور بسيط من أكوار الحداثة ، حتى يحمر لونه ، ثم يقرب منه مغناطيس للتأكد من أنه وصل إلى درجة الحرارة المضبوطة : لأن الصلب يفقد خاصية المغناطيسية فوق درجة الحرارة الحرجة . ويسخن الصلب استعدداً لتصليده بالمعاملة الحرارية الحديثة ، في أفران خاصة ، إلى درجة الحرارة المضبوطة ، ويمكن التحكم في كثير من هذه الأفران ، بضبط درجات حرارتها ، وكذلك ضبط الفرن الداخلي ، حيث يسخن الصلب .

وتختلف درجة حرارة التصليد باختلاف نوع الصلب ومرتبته ، وتتراوح فيما بين (١٤٠٠° ف) للصلب الكربوني و (٢٣٠٠° ف) للصلب السبائكي عالي الجودة ، ويجب تسخين الصلب ببطء وانتظام ، أي كان نوعه أو مرتبته . ويسخن الصلب الذي تزيد درجة حرارة تصليده عن (١٨٠٠° ف) ، تسخيناً مبدئياً في فرن منفصل ، أو في حجرة تسخين مبدئي فيما بين (١٦٠٠° ف و ١٢٠٠° ف) . ثم تسخن بعد ذلك بسرعة ، حتى تصل إلى درجة حرارة التصليد في فرن التصليد . ويجب ألا ترفع درجة الحرارة عن درجة حرارة التصليد ، التي تعين بالخبرة العملية الطويلة . كما لا يصح أن يبقى الجزء في الفرن مدة أطول من اللازم ، خشية الآثار السيئة التي تترتب على ذلك ، فيتلف المعدن ، وتنقص مدة التسخين اللازمة إلى حوالي النصف إذا استخدمت للتسخين حمامات من الملح المنصهر أو الرصاص ، بدلا من

أفران التصليد . ولكن يلزم تسخين القطعة قليلا قبل تغطيتها في حمامات التسخين هذه . وهى عبارة عن خزانات بها الملح أو الرصاص منصهرا ، وفى درجة حرارة عالية تناسب درجة المعاملة الحرارية المطلوبة .

وتطرأ تغيرات حجمية فى أثناء تصليد قطع الصلب ، تحدث فيها إجهادات داخلية عالية ، قد تسبب انكسارها إن لم تخلص منها . ويحدث هذا خاصة ، فى الآلات المصنوعة بالحداذة ، ولذلك يجب البدء فى عملية الاستعداد بعد عملية التصليد مباشرة ، ويفضل إجراؤها قبل انخفاض درجة حرارة القطعة إلى درجة الحرارة العادية . كما يجب ترك القطعة فى الوسيط المبرد ، لتبرد إلى درجة (٢٠٠°ف) على الأقل .

وهناك عدة وسائل لتبريد الصلب المسخن ، تتوقف على نوع الصلب ومطالب استعماله ، وكذلك على المعدات التى فى متناول اليد ، ويرد الصلب المسخن فى الماء أو محلول الملح : أو فى حمامات الملح ، أو فى الرصاص أو فى الهواء الساخن أو فى التيار الهوائى السريع . ويجب ضبط درجة حرارة سائل التبريد فى درجات تتراوح فيما بين (٧٠°ف و ١٠٠°ف) . وتصلد الآلات المصنوعة بالحداذة والمنتجات الأخرى الدقيقة ، بتعبئتها فى صناديق لتجنب تلف السطح والأكسدة ، أو ملامسة القطعة للغازات غير المرغوب فيها . وتعبأ الأجزاء فى صناديق ، ومعها مواد حافظة مثل شظايا الحديد الزهر ، أو الرمل ، قبل شحنها فى الفرن ، ثم تبرد القطع فى الوسيط المناسب بعد تسخينها .

مراجعة مطروقات الصلب

تجرى عملية المراجعة على مطروقات الصلب بعد عملية التصليد . وتتلخص هذه العملية فى تسخين الجزء المصلد لمدة معينة ، ولدرجة حرارة معينة ، فيما بين درجة الحرارة العادية ودرجة حرارة الصلب الحرجة ، وتلى عملية التسخين غالبا ، عملية تبريد فى الهواء . وليست لسرعة تبريد الصلب المسخن أهمية تذكر ، عند إجراء

عملية المراجعة . ولا تستخدم كثيراً مطروقات الصلب كاملة التصلد لتصفاتها . وإجراء عملية المراجعة ، يتحول الصلب الصلب القصيف إلى معدن لين له استعمالات واسعة وفوائد كثيرة .

ويتحول الصلب بإجراء عملية التصليد إلى معدن له أقصى صلادة وأقل ممتولية وأصغر حجم حبيبي ، وبه أقل كمية من الإجهادات والإفعالات الداخلية . ولا تسكفي هذه الخواص غالباً لتناسب الاشتراطات الواجب توافرها في المنتجات ، ولهذا تجري عملية المراجعة ، لتحويل الصلب الصلب إلى معدن أقل صلادة ، ولكنه أكثر مقاومة ومتانة ، منه في حالته الأولى . كما تزيل عملية المراجعة الإجهادات الداخلية ، فتستقر بنية المعدن إذا أجريت عملية للمراجعة على الوجه الصحيح .

وتتوقف درجة حرارة المراجعة على العمليات التي سبق إجراؤها على الصلب ، كما تتوقف على الغرض الذي من أجله صنعت القطعة ، وكذلك على تحليلها الكيماوي . ويمكن مراجعة الصلب الكربوني عند درجات منخفضة ، فيما بين (٣٠٠°ف إلى ٤٠٠°ف) . وتلزم لمراجعة مطروقات الصلب السبائكي العالي الجودة ، درجات حرارة تتراوح فيما بين (٩٠٠°ف و ١٢٠٠°ف) . ويجب مراجعة المطروقات التي تتعرض لدرجات حرارة عالية في أثناء الاستعمال ، عند درجات حرارة أعلى مما تتعرض لها عند هذا الاستعمال .

وتجري عمليات المراجعة في أفران مراجعة هوائية ، تعمل (تلقائياً) . ويسخن الهواء بالغاز أو بالكهرباء إلى درجة الحرارة المطلوبة ، ثم يمر الهواء الساخن حول الأجزاء المراد مراجعتها . ويمكن استبدال الأفران بمحطات زيوت ساخنة ، أو أملاح منصهرة ، أو رصاص منصهر ، لتسخين الأجزاء إلى درجة حرارة المراجعة . وتنفس الأجزاء في المحطات المسخنة لمدة معينة ، ثم تبرد في هواء ساكن حتى تصل إلى درجة الحرارة العادية .

المراداة الأقسام:

يمكن تحديد درجة حرارة الصلب للسخن ، لدرجات حرارة منخفضة نوعاً ، مثل درجات حرارة المراجعة ، عن طريق لون طبقة أكسيد الحديد التي تختلف (١٥) للمعادن

في السمك ، وتتكون على سطح الصلب . فيتلون سطح القطع المصنوعة من الصلب الكربوني ، الملمع ، بألوان تسمى ألوان المراجعة ، ولا تتأثر هذه الألوان بحالة الصلب الفيزيائية ، ولكنها تبين بدرجة تقريبية ، درجات حرارة الصلب أو تعين درجة حرارة سطحه على الأقل . ويجب عند تسخين القطعة ، مرور فترة زمنية كافية كي تصل درجة حرارة داخلها إلى درجة حرارة سطحها . ويبين جدول رقم (٢) الألوان التي تقابل درجات الحرارة المختلفة ، وإرشادات وبيانات أوجه الاستعمال المختلفة عند مختلف درجات حرارة المراجعة .

جدول رقم (٢) ألوان المراجعة التي تقابل درجات الحرارة المختلفة

درجات الحرارة °ف	اللون	بيانات وإرشادات للاستعمالات المختلفة
٥٤٣٠	قش فاتح	مكاشط يدوية ، ذكور القوالب ، أسلحة قطع الورق
٥٤٦٠	قش غامق	عدد توسيع الثقوب ، قوالب التشكيل
٥٥٠٠	بن فاتح	مناشير ، مناقيب الصغور ، أسطح رؤس المطارق ، البريمات
٥٥٤٠	بنسجي فاتح	البلط ، عدد حفر الخشب
٥٥٧٠	أزرق غامق	مقاطع الحديد والصلب ، سكاكين
٥٦١٠	أزرق فاتح	يايلات ، مفكات ، مناقير الخشب
٥٦٣٠	رمادي معدني	يايلات

التصليد بالحث الكهربي

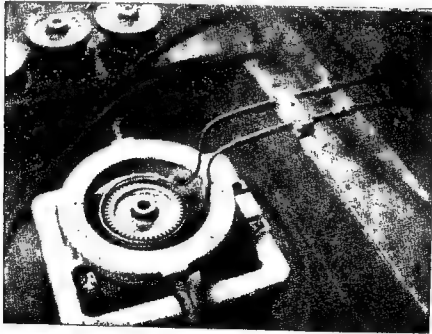
تجرى على كثير من مطروقات الصلب ، معاملات حرارية لتصليد سطوحها إلى الدرجة التي تقاوم التأكل الاحتكاكي ، ويبقى داخلها لينا متينا . ويحدث هذا بمعالجة الصلب المنخفض الكربوني بِكَرْبَنَةٍ سطحه أو (بِنَشْرَدَةٍ) . وتجري عملية كربنة الصلب بتسخينه في وسط يحتوي على الكربون . ويستعمل غاز الأمونيا في عملية تغليف المعدن بالنيتروجين (النَشْرَدَة) ، الذي يتغلغل السطح من غاز الأمونيا ، وذلك بتسخين المعدن في أفران خاصة ، لدرجة حرارة تتراوح

فيا بين (٨٥٠°ف و ١١٥٠°ف) . كما يمكن إجراء بعض المعاملات الحرارية المناسبة على مطروقات الصلب ، التي بها نسبة عالية من الكوبون لتصليدها بوسيلة السقية ، (التبريد المفاجيء) ، بحيث تتصلد سطحيا فقط بعمق قليل . وتستعمل وسيلتان من هذه الوسائل على نطاق واسع ؛ وهما :

١ - تسخين سطح المطروقات بالحث الكهربائي ثم سقيها .

٢ - تسخين سطح المطروقات محليا بلهب خاص ثم سقيها .

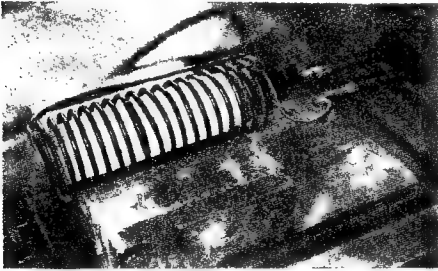
طوّرت طريقة تصليد السطح بالحث وتعرف بطريقة «توكو» في شركة (أوهايو) لصنع أعمدة المرافق في (كليفلاند بولاية أوهايو) . ويحدث التسخين باستخدام (ملف حث مدمّج) ، أو بملف تسخين فيمر فيه تيار جهده الفولتي عال ، فيتحول إلى تيار منخفض الجهد (الفولت) ، على المقدار (الأمبير) ، في كثّة التأثير أو الملف الذي يحيط بالأسطح المراد تصليدها بحيث لا تتلامس . ويمر تيار بالتأثير على سطح الصلب ، فيسخنه وتصل درجة حرارته إلى درجة حرارة



(شكل ٢) استخدام جهاز التصليد بالحث ، لتصليد سطح ترس

التصليد المطلوبة ، وذلك بالتحكم الدقيق في كل من التيار ذى التردد العالى ، وفى زمن التعريض لحرارة . ويُقَطَّعُ التيار عندما تصل درجة الحرارة إلى درجة حرارة التصليد ، ثم يسقى السطح المسخن برشّه برذاذ من الماء ، يخرج من خزان داخل أو خارج كتل الحث أو الملف .

وبين شكل (٢) ، الجهاز المستخدم لتصليد سطح ترس بالحث ، ويدور الترس فى وسط ملف التسخين ، ويسقى بالماء من خزان يحيط بكل من الملف والترس .
وبين (شكل ٣) طريقة تصليد سطح عمود دوران مكينة تجليخ ، باستخدام وسيلة الحث ، ويخرج المحور عندما تصل درجة حرارة سطحه إلى درجة حرارة التصليد ، ثم يسقى فى الماء .

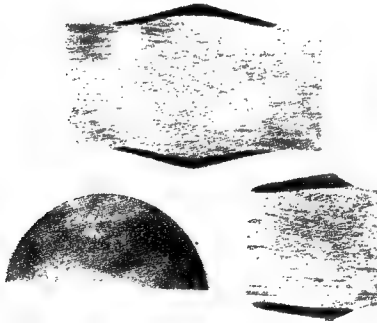


(شكل ٣) ملف الحث السمتل فى تصليد سطح عمود دوران مكينة تجليخ

ولا تستغرق دورة التصليد سوى ثوان قليلة ، وتختلط صلادة السطح بالتدرج بالجزء الأوسط اللين ، الذى لم يتأثر بالحرارة ، وذلك بالتحكم الدقيق فى التسخين بأداء عملية السقية بسرعة . ويمكن إستخدام هذه الوسيلة فى عدة أنواع من الصلب الكربونى ، والصلب السبائكى ، بشرط وجود نسبة كافية من الكربون ، تمكن من تصليدها بسقيها .

وترتفع تكاليف استخدام وسيلة التصليد بالحث ، في الإنتاج الفردي القليل ، وذلك لضرورة تصميم وإعداد معدات كثيرة ، خصيصاً لكل منتج ، كما يجب عندئذ ضبط الزمن تلقائياً ، ليناسب كل حالة . وهذه الوسيلة إقتصادية سريعة ، لتصليد أسطح المنتجات المتكررة الكثيرة المماثلة ، لقصر مدة دورة تصليدها ، مع انتظام صلادة أسطحها .

ويبين (شكل ٤) النتائج التي يحصل عليها باستخدام هذه الوسيلة ، وخاصة انتظام تجنب الصلادة داخل المعدن . ويمكن استخدام وسيلة الحث هذه ، لتصليد أسطح مرتكزات أعمدة المرافق ، وأسطح المرتكزات المماثلة الأخرى في أعمدة الإدارة ، وأعمدة الكامات ، وأذرع التوصيل ، والتروس ، وأعمدة الدوران ، والأسطوانات . . . إلخ ، بشرط إنتاج عدد كبير من القطع المماثلة التي تبرز نفقات استخدام المعدات الخاصة . وتتمتاز هذه الوسيلة على غيرها من وسائل



(شكل ٤) مقاطع في أعمدة مختلفة ، ظهرت فيها أسطحها الصلادة بوسيلة التسخين بالحث

التصليد ، بإمكان التحكم الدقيق في منطقة التسخين ، وانتظام توزيع الصلادة ، وتجنب تشوه وإعوجاج شكل الجزء في أثناء دورة التسخين .

التصليد باللهب

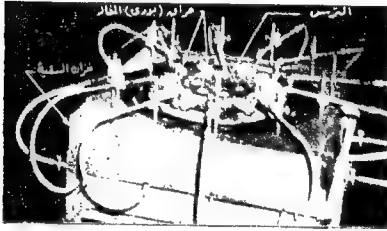
تستخدم هذه الوسيلة لتصليد أسطح الأجزاء التي يصعب تصليدها كثيراً ، بالوسائل الأخرى ، أو تقتضى نفقات كثيرة ، مثال ذلك :

لا يمكن تصليد سطح الحديد الزهر الرمادى ، بتسخينه في الفرن وبسقيه في الماء ، أو في محلول الملح ، أو في الماء الخالص ، إذ تتعوج القطعة ، ويتشوه شكلها وتنكسر في أغلب الأحيان ، كما يصعب تصليد أسطح الأجزاء الكبيرة المصنوعة من الحديد الزهر ، أو الصلب ، بالوسائل العادية ، لنفس السبب ، لذلك تستخدم وسيلة اللهب لتصليد أسطح مثل هذه الأجزاء .

وتتلخص وسيلة التصليد باللهب ، في توجيه لهب الأكسجين والأستيلين (الأكسى أستيلىنى) على سطح المعدن ، فتسخن طبقة رقيقة على السطح بالحرارة ، وتصل إلى درجة حرارة التصلد . ويحرك الحراق أو (البورى) ببطء على الجزء المراد تصليده ، ويتبع ذلك مباشرة تيار من الماء ، يسقى السطح فيصليه مباشرة بعد تسخينه السريع . ويضبط سمك الطبقة للصلادة عن طريق تغيير سرعة حركة الحراق (البورى) .

ويمكن استخدام عدة وسائل للتصليد باللهب ، منها طريقة اللهب (الأكسى أستيلىنى) ، وغيرها من وسائل التسخين باللهب . وتعتمد خطوات العمل على حجم وشكل المنتج . ويمكن تسخين الأجزاء الصغيرة كل على حدة ، ثم تسقى بعد ذلك ، كما يمكن إدارة الأجزاء الأسطوانية ، وتعريض سطحها للهيب الحراق (البورى) أو لهب طرق غازى ، طرق موقد من موائد الغاز ، كما في (شكل ٥) . بدلا من تحريك الحراق أو البورى نفسه .

تسقى الأجزاء بعد أن تتغلغل الحرارة داخلها بالقدر المطلوب . ويتراوح مدى هذا التغلغل بين (٠.١° بوصة و ١.٢٥° ر بوصة) تبعاً لنوع الإستعمال الذى تصنع الأجزاء له . وتصلد هذه العملية سطح المعدن تصليداً جيداً ، بحيث لا يتأثر الجزء الداخلى بالحرارة ويبقى لنا . ويبين (شكل ٥) ترساً فى أثناء تصليده باللهب ، بإدارته بالقرب من حراق الغاز عادى .



(شكل ٥) مكنة تصليد باللهب

ويغسل الترس مع القرص الدوار داخل خزان السقى ، الذى يكون جزءاً ، من المكنة ، عند وصول الحرارة إلى درجة حرارة التصليد . ويحسن أن تتراوح نسبة الكربون فى الصلب فيما بين (٠.٤٪ و ٠.٧٪) . كما يمكن تصليد بعض الأنواع الخاصة من الصلب السبائكى المنخفض النوع ، بوسيلة التصليد باللهب . ويمكن تصليد الأجزاء الآتية باللهب : فَرَشَات مكينات التشغيل ، ونهايات القضبان ، والكمامات ، وأعمدة الكمامات .

وسائل أخرى لمعالجة مطروقات الصلب بالحرارة

تجرى على كثير من مطروقات الصلب معاملات حرارية أخرى ، غير التى شرحت فى هذا الباب ، ويمكن تحويل سطح مطروقات الصلب الكربونى المنخفض ، لتقاوم

التآكل بتغليفها بطبقة صلبة ، وذلك بزيادة نسبة الكربون على السطح ، أى بكاربنته ، بينما يبقى الجزء الداخلى لينا ومتينا . كما تستعمل وسائل للعاملة بالسيانيد (السيند) والنتروجين (النتردة) على نطاق واسع .

والسيندة عبارة عن كربنة وتصليد الصلب فى أحواض بها أملاح منصهرة ، هى فى الواقع عوامل الكربنة والنتردة . ويستعمل عادة ملحاً ، (سيانيد البوتاسيوم) (وسيانيد الصوديوم) . وقد لا تحتاج القطع الصغيرة للصنوعة من الصلب منخفض الكربون سوى صلادة على السطح بعمق لا يتعدى أجزاء من ألف من البوصة . كما أنه فى بعض الأحوال ، لا يلزم إلا تصليد جزء صغير من كل قطعة . ويمكن إجراء عملية كربنة على هذه الأجزاء ، وتصليد سطحها تماماً ، بتغطيسها فى حوض أملاح السيانيد السائلة .

ولتصليد سطح الصلب ، توضع القطعة فى حوض ملح مناسب منصهر . ويسخن ملح (سيانيد الصوديوم) الذى يكوّن (٢٥ ٪) من حجم الحوض ، إلى حوالى (١٥٥٠° ف) . ويمتص الصلب فى درجة الحرارة هذه ، الكربون والنتروجين إلى عمق (٠,٠٠٥ بوصة تقريباً) فى مدة ١٥ دقيقة وإلى (٠,٠٠١ بوصة) فى مدة ساعة . ويتحد النتروجين فى القشرة الخارجية على هيئة نتريدات الحديد . وهذه تجعل سطح الصلب صلباً ، ويسقى الصلب مباشرة فى الماء ، أو فى محلول الماء والملح ، للحصول على أقصى صلادة لسطح الصلب .

وقد تُخفّف درجة حرارة الكربنة ، أو تبرّد للعادن للسخنة قليلاً ، قبل سقيها فى الماء أو محلول الماء والملح ، لمنع تشوه شكلها بالإعوجاج . ويجب التأكد من خلو الأجزاء من الرطوبة قبل وضعها فى الملح المنصهر ، لمنع تناثر أو تطاير السائل الساخن . ويجب حماية العامل الذى يؤدى العملية ، بخوذة ونظارات واقية خاصة ، وقفازات ، حسبما يستدعى الحال . ويوضع غطاء مناسب لحجم حوض الملح المنصهر . وتستخدم وسيلة التهوية بالشفط للتخلص من الغازات والأبخرة المضرة بالصحة من المحوض .

المعاملة بالنتروجين (بالتردة) ، هي عملية معاملة حرارية باستخدام غاز الأمونيا ، إذ يضاف النتروجين لسطح الصلب في أثناء تسخين الجزء في فرن مناسب خاص . ولا يؤثر الكربون كثيراً على صلادة سطح الصلب المعالج حرارياً ، وبوسيلة المعاملة بالنتروجين ، وإنما يقتصر تأثير نسبة الكربون على الجزء الداخلى . وتتراوح درجات حرارة التردة فيما بين (٨٥٠° ف و ١١٥٠° ف) ، وهى درجات أقل بكثير من المستعملة فى عمليات الكربنة . ويوصل إلى أحسن النتائج بإجراء عملية التردة عند درجة ٩٥٠° ف تقريباً .

وعملية التردة عملية غير مناسبة للصلب منخفض الكربون . ورغم أن عملية الكربنة تتناسب هذا النوع من الصلب ، ويقتصر استعمال عملية التردة على أنواع الصلب السبائكى الخاص . ويمكن تفغيل الأجزاء المصنوعة منه بالمكنات ، كما يمكن معالجتها حرارياً فى حالات كثيرة قبل إجراء عملية (التردة) . ولا تحتاج القطعة بعد ذلك لمعالجة حرارية أخرى ، بعد تصليد السطح . وتستولد عملية التردة الخواص الآتية فى الصلب :

مقاومة التأكل الاحتكاكى ، والإبقاء على الصلادة فى درجات الحرارة العالية ، وكذلك مقاومة التأكل التفاعلى .

وتجرى عملية التردة فى أفران خاصة من الأنواع المحببة ، فيمرر خلالها غاز الأمونيا ، الذى يتحلل جزئياً إلى خليط من غازى النتروجين والهيدروجين . فيتحد النتروجين وهو فى حالة فعالة ، بالحديد والعناصر الأخرى التى فى الصلب ، مكوناً جزيئات من النتريدات ، تكسب سطح الصلب درجة معينة من الصلادة .

وعملية تكوير (جزيئات البنية) نوع آخر من عمليات التخمير ، وهى قريبة الشبه بعمليات التخمير العادية ، وتتلخص فى تسخين الصلب حتى يصل إلى نطاق درجة الحرارة الحرجة ، أو أقل منها قليلاً ، ويستمر التسخين لعدة ساعات يليها تبريد بطيء ، إلى درجة (١٠٠٠° ف) تقريباً . ويجب ترك الصلب مدة كافية عند

درجة حرارة التخمير ، كي يتشبع المعدن بأكمله بالحرارة قبل إجراء العمليات التالية . مثل تبريده البطيء إلى درجة (١٠٠٠ ° ف) ثم تبريده إلى درجة الحرارة العادية .

ولا يوجد عنصر الكربون (الذى يؤثر فى خواص الصلب الفيزيائية) . فى الصلب ، فى الحالة الحرة ، بل يكون غالبا متحدا مع الحديد ، مكونا كربيد الحديد (السِّمَنْتَيْت) فيخرج هذا (السِّمَنْتَيْت) فى أثناء هذه العملية ، من محلوله المجمع (وهذا ما يسمى به فى حالته للتحدة) عند درجة حرارة التخمير ، ويكون كريات صغيرة ، تتخذ شكلها المستقر فى مرحلة التبريد البطيء ، ومعدل التبريد هو (١٠٠ ° ف) فى الساعة . وتتكون بنية الصلب المكرينة من (السِّمَنْتَيْت) وباقى البنية من (الفيريت) . وهو عنصر الحديد الخالص اللين .

ومن أهم فوائد عملية تكوير حبيبات البنية ، إعداد الصلب للتشغيل بالمكينات ، وهذا عكس الأثر الذى تحدثه عملية التخمير . فثلا يصعب تشغيل صلب العدة المخمر بالمكينات بينما تتحسن خواصه التشغيلية بعد إجراء عملية تكوير البنية . وقد أمكن تشغيل صلب العدة من النوع العالى الكربون والنوع السبائكى العالى الجودة ، بالمكينات ، بفضل عملية تكوير حبيبات البنية هذه .

و « الشينزة » عملية تختلف بعض الشيء عن عملية « السيندة » إذ يستخدم فيها غاز الأمونيا ، بالإضافة إلى حوض أملاح السيانيد للنصرة . فيتصاعد غاز الأمونيا فى فقايع ، خلال سائل أملاح السيانيد للنصرة فتزداد كمية النتروجين وفعاليتها .

معاملة مطروقات المعادن غير الحديدية بالحرارة

يمكن "معاملة مطروقات المعادن غير الحديدية بالحرارة لاستيلاد خواص فيزيائية إضافية لتحسين الخواص الأصلية . فيمكن تصليد النحاس الأحمر

الخالص ، بالتشغيل على البارد ، كما يمكن تصليد وتقوية سبائك النحاس ، بالتشغيل على البارد ، كذلك بالمعاملة الحرارية . كما يمكن إجراء عملية التخمير على النحاس الأحمر الخالص ، وعلى سبائكها ، لاستعادة مطوليتهما الطبيعية وليونتها ، وهي الخواص التي قد تتناقص نتيجة لتشغيلها السابق على البارد . وتتلخص عملية تخمير النحاس الأحمر وسبائكها ، في تسخينه إلى درجة (١١٠٠°ف) تقريبا ، ثم إبقائه عند هذه الدرجة لمدة معينة ، لكي يتشبع المعدن بحرارة منتظمة ، ثم يترك ليبرد لدرجة الحرارة العادية ، دون التحكم في سرعة التبريد . وتتغير بنية المعدن الحبيبية تغيرا كاملا عند درجة (١١٠٠°ف) ، دون تضخم كبير في حجم الحبيبات .

ويمكن تخمير النحاس الأصفر ، للشغل على البارد ، بتسخينه لدرجة أعلى من درجة الحرارة التي يستعيد فيها النحاس تبلوره ، أي لدرجة (١١٠٠°ف تقريبا) ثم تبريده لدرجة الحرارة العادية . وتختفي الإجهادات الداخلية الناتجة من تشغيل النحاس الأصفر على البارد ، بإجراء عملية التخمير ، كما تزول الآثار للترتبة من التشغيل على البارد ، فيستعيد النحاس الأصفر مطوليته الأصلية . ولا يتأثر حجم حبيبات المعدن كثيرا ، بسرعة التسخين أو التبريد .

وتصحح عملية التخمير الصلادة ، التي يولدها تشغيل البرنز على البارد ، وتجري هذه العملية بتسخين المعدن إلى درجة حرارة أعلى من درجة حرارة إعادة التبلور ، ثم تبريده بأي سرعة مناسبة . يمكن تصليد البرنز الألومنيومي ، بتسخين المعدن لدرجة أعلى من نقطة إعادة التبلور ، ثم تبريده بسرعة . ويمكن استخدام العدد والمعدات اليدوية ، مثل الأجناد واللفسكات واللفاتيج للصنوعة من هذه السبيكة بعد تصليدها وتمتينها بهذه المعاملة الحرارية ، في الأعمال التي يجب فيها تجنب حدوث شارات خوفا من الحريق أو الأشجار . وتستخدم مثل هذه العدد في معاميل تكرير البترول ، وفي المنشآت الصناعية الأخرى ، التي تستعمل أو تخزن فيها مواد قابلة للاشتغال أو للانفجار . وقد طورت أنواع كثيرة من البرنز

الأليومنيومى يمكن تصليدها وتمتينها إلى درجة ملحوظة ، بمعاملات حرارة تشبه تلك التى تستعمل فى سبائك من نحاس والأليومنيوم .

فتجرى عملية التخمير على سبائك الأليومنيوم المشغلة على البارد ، لإزالة أثر الصلادة الناشئة من تراكم الانفعالات . وتتلخص هذه العملية فى تسخين المعدن إلى درجة حرارة معينة ، تسمح بإعادة تبلوربنية المعدن ثم تبريده إلى درجة الحرارة المادية . وقد تتراوح درجة حرارة التسخين فيما بين (٦٥٠°ف و ٧٥٠°ف) ويتوقف معدل سرعة التبريد المسموح به على نوع سبيكة الأليومنيوم .

وتجرى معاملة حرارية أخرى ، على سبائك النحاس والأليومنيوم ، تسمى المعاملة الحرارية المحلولة . وتعتمد هذه الوسيلة على اختلاف قدرة الأليومنيوم على إذابة تراكيب النحاس والأليومنيوم الكيموية فى أثناء تسخين وتبريد هذا الأخير ، وهو صلب متجمد . فإعادة تسخين سبيكة مخمرة من الأليومنيوم ، محتوية على (٤,٥ ٪ نحاس) ، إلى درجة (٩٥٠°ف) تقريبا لمدة ١٤ ساعة يذوب المركب (نخ الم) الموجود فى السبيكة المخمرة ، مكونا محلولاً مجمداً ، وبسقيه بسرعة ، يبقى أغلب هذا المركب (نخ الم) ذائباً فى المعدن .

وتحسن هذه المعاملة الحرارية مقاومة سبيكة الأليومنيوم للتأكل التفاعلى ، كما تزيد مقاومته للشد . ويمكن زيادة مقاومة السبيكة للشد بتشغيلها على البارد ، بعد إجراء عملية المعاملة الحرارية المحلولة هذه . وتستخدم أحواض بها أملاح منصهرة ، مثل ملح (نترات الصوديوم) المنصهر ، لتسخين المعدن ، وللتحكم فى درجة حرارته . كما تستخدم فى ذلك أفران الهواء ، إذا أمكن التحكم فى انتظام درجات حرارتها ، بإمرار تيار من الهواء خلالها . وتستخدم أجهزة خاصة للتحكم فى درجة الحرارة ، وتسجلها بدقة فى أثناء دورة التسخين . ويبين (شكل ٦) طريقة معاملة حرارية متبعة لمعالجة أجزاء الطائرات حرارياً .

وتستعمل عملية التصليد الترسبى لزيادة مقاومة منتجات الأليومنيوم للشد ، وذلك بترسيب جسيمات دقيقة (مركبة من النحاس والأليومنيوم) ببطء فى السبائك



(شكل ٦)

مراوح طائرات مبنية استناداً للمعاملات الحرارية

للشد بعد خمسة أيام إلى (٦٢٠٠٠ رطل على البوصة للربعة تقريباً) ، دون تغيير في مطولية السبيكة . وبإجراء عملية التصليد الترسبي على سبيكة من الألومنيوم ، تصبح مقاومتها للشد مساوية لمقاومة الصلب الإنشائي للشد تقريباً ، رغم أنها في ثلث وزنه . ويمكن تأجيل التصليد الترسبي عند درجة الحرارة العادية ، بتبريد سبائك الألومنيوم التي أجريت عليها عملية المعاملة الحرارية المحلولة إلى درجة تحت (الصفر °) ، ولإبقائها عند هذه الدرجات للنخفظة ، للدة للرغوبة قبل تصليدها . تعيد هذه الخاصية في صنع أجزاء الطائرات التي تجري عليها عملية للمعاملة الحرارية المحلولة ؛ إذ توضع في ثلاجات قبل تشغيلها . وعندما تستأنف عمليات التشغيل عليها ويبدأ في عمليات التركيب وترك الأجزاء لتصلد بالتزمين أو التعمير أي بمرور الزمن عند درجة الحرارة العادية .

أفران المعاملات الحرارية

طورت أنواع مختلفة من الأفران لمعاملة الصلب بالحرارة ، لتناسب أنواع عمليات المعاملة الحرارية التي تلزم للاحتياجات والأحوال المختلفة المطلوبة .

ويتحدد اختيار فرن معين لهذه العاملة الحرارية بعدة عوامل منها :
نوع عملية المعالجة الحرارية ، ونوع وشكل القطعة . وكيفية الإنتاج ، واعتبارات
الكفاية والجودة والاقتصاد .

وتستخدم أفران من النوع المجمع ، أو من النوع المستمر الأداء ، لعمليات
المعاملة الحرارية المختلفة في الإنتاج الكبير . وتجهز هذه الأفران بأجهزة للتحكم
فيها تلقائياً لضبط عناصر الأداء فيها مثل درجة الحرارة وجو الفرن ، وذلك بتحليل
غازاته وغير ذلك . كما تجهز بمعدات ميكانيكية لتناول الأجزاء وحملها عند إدخالها
أو إخراجها من الفرن ، وذلك لتغطية الأجزاء في أحواض التبريد أو لإخراجها
منها . وتصمم كثير من الأفران بحيث تخصص لإجراء عملية واحدة ، وذلك لسهولة
الأداء والاقتصاد في الأيدي العاملة . ويبين (شكل ٧) مجموعة من الأفران
من النوع المجمع تسخن بوقود الزيت وبها مرفاع قنطرة يجرى على قضبان لإخراج
أو إدخال اللطروقات أو المسبوكات الثقيلة من وإلى الفرن ، كما تظهر في الشكل
معدات السقاية .



(شكل ٧) مجموعة من الأفران المجهزة
التي تسخن بوقود الزيت ، ومعدات تناول الأجزاء ونقلها ، ومعدات السقاية

ويستخدم هذا النوع من المعدات في عمليات التخمير والمعالجة ، أو لتسخين وسقى المطروقات والسبوكات ، والألواح السمكية والدقيقة وملفات الشرائط وللتبجات الأخرى المشابهة .

وتسخن الأفران إما بالزيت أو بالغاز أو بالكهرباء . ويمكن تقسيمها كما يلي :

١ - النوع المباشر : ويسمح للصلب فيها بلامسة الغازات الساخنة الناتجة من الاحتراق .

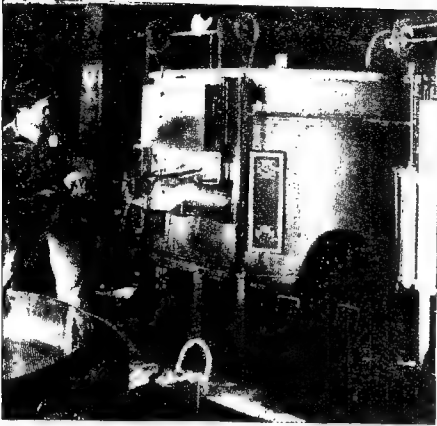
٢ - النوع شبه المحجب : وتحول فيها غازات الاحتراق بحيث تبعد عن الأجزاء المراد معاملة فتدور حولها .

٣ - النوع المحجب : وتوضع الأجزاء المراد معاملة في غرفة تسخين منفصلة ، وبذلك تتجنب ملامسة غازات الاحتراق .

وتجهز الأفران الكهربائية ، بمعدات مقاومة كهربية توضع حول حجرة التسخين المحجبة ، فتسخنها كما تسخن الصلب الذي بداخلها . وتستخدم أفران بغرف تسخين محجبة تماماً ، يمكن التحكم في جوها لحماية المعدن من الأكسدة .

ونتيجة للتطورات الحديثة ، أصبح من الممكن التحكم في أجواء الأفران الكهربائية المحجبة إذ يحمي سطح الصلب من التأكسد وتكوين القشور ، أو من اختزال جزء من كربون السطح في أثناء دورة التسخين . ويتم ذلك بتكوين جو اصطناعي من الغاز داخل غرف التسخين في الأفران . ويستخدم عادة مزيج من غازي أول أكسيد الكربون (ك ١) والهيدروجين ، وهى غازات تمنع اختزال الكربون . ويبين (شكل ٨) فرن بمجو هيدروجينى كهربى جو متعادل يمكن ضبطه . ويستعمل في تقسية كل أنواع الصلب دون أن تتكون القشور أو يتخلل الكربون منها .

وتبقى أسطح الأجزاء بعد معاملة حرارياً نظيفة ، ولا تحتاج بعد ذلك لعمليات تنظيف تكاليفها كثيرة . وتستعمل أفران مائلة كالمبينة في (شكل ٨)



(شكل ٨) قرن بمجو هيدروليكي كهرى له سخان دوار

لإجراء عمليات المعاملة الحرارية . والأفران أنواع متعددة : ما له سخان دوار ، ومنها ما له اسطوانة دوارة ، وغيرها ماهو مجهز بمحصيرة نقل وكذلك ما يمكن إمالاته وقد طورت هذه الأفران لاستعمالها فى الإنتاج الكبير المتكرر ، وكذلك فى قسم العدد والآلات القاطعة وفى أعمال اللحام بالمونة .

الفضيخى فى حمامات السوائل

تستخدم طريقة التسخين فى أحواض بها سوائىل (حمامات) ، لمزاياها العديدة فى عمليات التصليد والتقسية وعمليات المراجعة العادية . وتتلخص فوائد هذه الطريقة فى أنها تمنع تكون القشور ، فيستغنى عن عمليات التنظيف ، كما أنها تمنع اعوجاج أو تشقق الأجزاء الدقيقة . وتستهمل ثلاثة أنواع من حمامات التسخين ،

قسمت في كتيب عنوانه (مرشد معاملات صلب العدد الحرارية) كما يلي :

- ١ - حمامات نهرت : لدرجات حرارة (تصل إلى ٦٠٠° ف) .
- ٢ - حمامات رصاص منصهر : لدرجات حرارة تتراوح فيما بين (٦٥٠° ف و ١٦٠٠° ف) .

٣ - حمامات أملاح منصهرة : لدرجات حرارة تتراوح فيما بين (٣٠٠° ف و ٢٤٠٠° ف) . وتستعمل حمامات الزيت لعمليات المراجعة عند درجات الحرارة المنخفضة ، التي لا تتعدى (٦٠٠° ف) . ولكن يصعب التحكم في الحمام عندما تقترب درجة حرارته من درجة الحرارة هذه ، كما ترسب مادة صمغية على الأجزاء ، ولكن يمكن إزالة هذه المادة بإضافة محلول ساخن من الصودا الكاوية ، أو الكيروسين . ويجب تجنب استعمال حمامات الزيت عند درجات الحرارة العالية تجنباً للحريق .

وتستعمل غالباً حمامات الرصاص المنصهر ، لمراجعة أنواع الصلب السبائكي ، والصلب سريع القطع (صلب لهواء) ، وهي سريعة التسخين . كما يمكن استخدامها في أغراض التسخين الأخرى ، بحيث لا تتعدى درجة الحرارة (١٦٠٠° ف) . ويجب حماية حمامات الرصاص المنصهر من سرعة التأكسد باستعمال أملاح منصهرة أو لحم نباتي تضاف على الرصاص المنصهر .

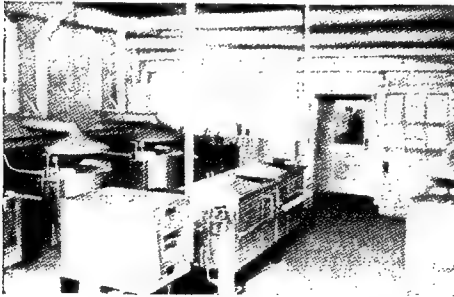
وتستعمل حمامات الأملاح المنصهرة في مجال (أى في نطاق) درجات حرارة واسع . وتوجد في الأسواق أملاح مناسبة ، معدة للاستعمال في عمليات التصليد والمراجعة المختلفة . ويمكن التحكم بسهولة في درجات الحرارة المطلوبة في هذه الحمامات ، كما أنها تمنع تكون القشور . وتستعمل في معاملة المعادن الحديدية وغير الحديدية والسبائك .

وتستخدم حمامات الرصاص المنصهر ، والأملاح المنصهرة بكفاية ، في تسخين الصلب ، للمعاملات الحرارية المختلفة كالتخمير والتصليد والمراجعة . . . الخ .
(١٦) المعادن

ويستحسن طلاء الصلب بطبقة رقيقة من الملح ، أو من أى مادة مناسبة أخرى ، قبل وضعه فى حمام الرصاص ، لحمايته من تلاحق الرصاص على سطحه . ويغلى الصلب بهذه المواد بتفطيسه وهو دافئ ، فى محلول للملح ، ثم يترك ليحجف ، فتبقى على سطح الصلب طبقة من الملح تمنع تلاحق الرصاص معه .

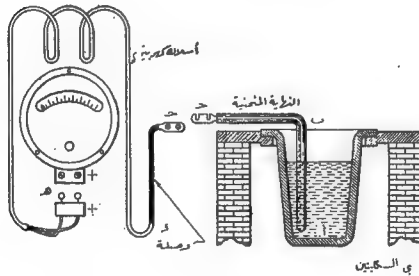
والأملاح المستخدمة فى عمليات المعاملة الحرارية ، كالتصليد والمراجعة والتخمير والاستعداد أو التغليف بالسبندة أو بالنتردة هى :

سيانيد الصوديوم ، وكلوريد الصوديوم ، وكلوريد الكسيوم ، وكرينات الصوديوم ، وسيانيد الباريوم ، وسيانيد البوتاسيوم ، ومواد أخرى . وتنقل الأملاح للنصهرة الحرارة بسرعة وانتظام إلى الصلب أو المنتجات غير للمعدنية مع حماية سطوحها فى أثناء فترة التسخين ، لأنها تغطيتها وهى فى الحمام بطبقة رقيقة من الملح ، وتظل هذه الطبقة ملتصقة بالمعدن للسخن ، حتى بعد إخراجها من حمام للملح للنصهر إلى أن يغطس فى حمام السقية . ويجب توفير وسائل الأمن والسلامة لتجنب خطورة التفاعلات التى قد تنشأ من اختلاط بعض الأملاح



(شكل ٩) معدات حمامات الملح المستعملة فى التغليف (تسمية السطوح)

بعض ، كما يجب حماية الأملاح المنصهرة من تأثير الرطوبة . ويجب إتخاذ احتياطات كافية لحماية العامل من الأبخرة السامة التي تنتجها حمامات أملاح السيانيد . ويبين (شكل ٩) معدات حمامات الملح المستعملة في تصليد السطح أى تغليفه . ويبين (شكل ١٠) رمما تخطيطيا لطريقة استعمال (بيرومتر كهربى) لقياس درجات حرارة حمامات الملح أو الرصاص المنصهر ، ويستعمل هذا الجهاز فى عمليات تصليد أو تقسية الآلات والعدد المصنوعة بالحداثة . ويجب أن يكون



(شكل ١٠) مقياس حرارة كهربى (بيرومتر) متصل بمحرض به ملح أو رصاص منصهر

الملح المستعمل فى تسخين المعدن متعادلا ، فلا يؤثر فى المواد التي يلامسها . ومن أهم مميزات استعمال حمامات السوائل فى عمليات المعاملة الحرارية ، أنه ليس لها جو غازى ، كذلك لا يمكن أن يسخن الصلب بوساطتها أكثر مما يلزم .

ويبين جدول رقم (٣) بعض خواص المعادن المستخدمة فى العمليات التي تقدم ذكرها فى هذا الباب .

جدول (رقم ٣) خواص بعض المعادن الهامة ودرجات حرارة تخفيضها وتشكيلها على الساخن

المعدن	جودة تشويه عند درجة الحرارة العادية	أقل درجة حرارة يماز عندها التبلور بعد إجراء عملية تشويه عنيف على البارد	مجال درجت حرارة التشويه المعتاد بعد عملية التشويه على البارد	مجال درجات حرارة التشويه المعتادة
	درجات في °	درجات في °	درجات في °	درجات في °
الألومنيوم	جيد جدا	٣٠٠ °	٦٥٠ °	٩٠٠ — ٦٠٠ °
النحاس الأصفر	جيد جدا	٤٠٠ °	١٠٠٠ — ١٢٥٠ °	١١٠٠ — ١٦٥٠ °
البرنز	متوسط	٧٥٠ °	١٠٠٠ — ١٢٥٠ °	١١٠٠ — ١٦٥٠ °
النحاس الأحمر	جيد جدا	٤٠٠ °	١٠٠٠ — ١٤٠٠ °	١٠٠٠ — ١٩٠٠ °
البوراليومين	جيد	٥٠٠ °	٦٤٠ — ٦٧٠ °	٦٠٠ — ٨٥٠ °
الذهب	ممتاز	٣٩٠ °	٥٠٠ — ١٠٠٠ °	٥٠٠ — ١٠٠٠ °
الحديد	جيد	٨٤٠ °	١١٠٠ — ١٤٠٠ °	١٥٠٠ — ٢٤٠٠ °
القصاص	ممتاز	في درجة حرارة عادية	يتشوه لنفسه بنفسه	
	متوسط	٨٠٠ °	١٣٥٠ — ١٤٥٠ °	١٦٠٠ — ٢١٠٠ °
النيكل	متوسط	١١٠٠ °	١١٠٠ — ١٧٥٠ °	١٦٠٠ — ٢٣٠٠ °
الصلب الانشائي	متوسط	٩٠٠ °	١١٠٠ — ١٤٠٠ °	١٥٠٠ — ٢٢٠٠ °
الصلب عالي الكربون	ضعيف	١٠٠٠ °	١١٠٠ — ١٤٠٠ °	١٤٠٠ — ٢٠٠٠ °
الفضة	ممتاز	٣٩٠ °	٥٠٠ — ١٠٠٠ °	
التقصير	ممتاز	في درجة حرارة عادية	يتشوه نفسه بنفسه	
التنجسين	ضعيف	٢١٩٠ °	٢٢٠٠ — ٢٥٠٠ °	١١٠٠ — ٢٩٠٠ °
الحديد الطاويع	ضعيف	٩٠٠ °	٠ — ٠٠٠٠ †	١٦٥٠ — ٢٤٥٠ °

* يعمل عادة عند درجت الحرارة العادية .

† لا يتصد الحديد الطاويع بالتشويه على البارد .

قد يستعيد النحاس الخالص بأكمله عند درجة حرارة أقل من ٢١٢ ° . بعد تشويه عنيف على البارد .

أسئلة للمراجعة

- ١ — ما هو الغرض من إجراء عمليات للمعاملة الحرارية على المطروقات ؟
- ٢ — صف عملية تخمير مطروقات الصلب .
- ٣ — صف عملية استبدال بنية مطروقات الصلب .
- ٤ — صف عملية تصليد أو تقسية مطروقات الصلب .
- ٥ — صف عملية مراجعة مطروقات الصلب .
- ٦ — اشرح بإيجاز تكون ألوان الأكاسيد على سطح الصلب المصدر .
- ٧ — صف عملية تصليد مطروقات الصلب بالحث الكهربى .
- ٨ — ما هى عملية التصليد باللهب ؟
- ٩ — ما هى عملية السيندة ؟
- ١٠ — ما هى عملية التردة ؟
- ١١ — ما هما عمليتا تكوير حبيبات القطعة . ؟
- ١٢ — ما هو الغرض من إجراء عمليات للمعاملة الحرارية على المعادن غير الحديدية ؟
اذكر بعض الوسائل المستعملة فى ذلك .
- ١٣ — صف طريقة للمعاملة المحلولة فى سبائك الألومنيوم .
- ١٤ — صف وسيلة التصليد بالتزريب فى سبائك الألومنيوم .
- ١٥ — اذكر بعض الأفران للمستعملة لمعاملة الصلب حراريا .
- ١٦ — صف بإيجاز مميزات الأفران الكهربائية المستخدمة فى تسخين الصلب .
- ١٧ — صف طريقة عمل فرن يعمل بحج هيدروجينى .
- ١٨ — ما مميزات التسخين فى حمامات السوائل . ؟
- ١٩ — صف طريقة عمل حمامات الزيت .
- ٢٠ — صف طريقة عمل حمامات الرصاص للنصر .
- ٢١ — صف طريقة عمل حمامات الملح المنصر .
- ٢٢ — اشرح فائدة استعمال أجهزة قياس درجة الحرارة الكهربائية (البيرومترات)

الباب الثاني عشر

فحص واختبار المطروقات

الفرص من اختبار وفحص المطروقات

يجب فحص المطروقات للتأكد من جودتها . وتختبر المعادن المستعملة في صناعة المطروقات المختلفة دورياً ، للتحكم في جودة المنتجات المنتهية ، إذ قد توجد عيوب كثيرة في المعدن قبل البدء في أى عملية من عمليات الإنتاج . وتجري عمليات فحص المنتجات نصف المنتهية كذلك ، والمنتجات بعد الانتهاء من التشغيل ، لمعرفة ما إذا كانت هذه المنتجات تطابق للواصفات الموضوعه لها . وقد قامت الجمعية الأمريكية لاختبار المواد عن طريق مختلف اللجان ، التي تمثل المنتجين والمستهلكين والمهندسين والجماعات الأخرى التي يهمها الأمر بوضع مواصفات للمطروقات تتبع الآن في صناعة الحدادة .

وهذه المواصفات مشروحة بالتفصيل في نشرات (الجمعية الأمريكية لاختبار المواد) ، وكذلك في نشرات بعض منتجي المطروقات . ويوصى باستعمال هذه المواصفات كلما أمكن ذلك . ولقد وضعت هذه المواصفات بحيث يسهل على المنتجين متابعة ما يخص نوع منتجات الحدادة التي تهتمهم على النحو التالي : إرشادات لأداء العمليات المناسبة ، وتوصيات لما يلزم اتباعه في حالة الأعمال غير العادية . وكذلك توصيات تتناسب مع نوع الصلب المستعمل للمطروقات المطلوبة . ولا يقتصر ذلك على الصلب المجزء ، بل يمتد إلى السكتل المربعة والمسطحة التي تستخدم في المطروقات ، كما تذكر أيضاً التحاليل السكياوية ل خامات المطروقات التي تنتجها صناعة الحديد والصلب ، وذلك ليسهل على المستلم اختيار المعادن التي تتناسب واحتياجاته المعينة ،

وكذلك لمواصفات ، بإجراء بعض إختبارات الخواص الميكانيكية ، مثل إختبارات مقاومة الشد على عينات من المعدن ، لتعيين نقطة خضوعه وإجهاده ، وكذلك إختبارات الصدمات (لمعرفة مقاومة المعدن للإجهادات المفاجئة والصدمات) ، وأيضاً إختبارات كلال المعادن ، وغير ذلك من الإختبارات الأخرى . وتظهر مقاطع للطروقات لفحصها بالمعين المجردة ، وذلك بتحريض عينه من المعدن بمادة مناسبة مظهره للبنية . وهذا لازم في بعض منتجات الصلب . وتجري إختبارات بالضغط الهيدروستاتي لإختبار الأواني المحوفة والمواسير والمنتجات المشابهة الأخرى ، التي تتعرض للضغط أثناء الاستعمال ، وتجري غالباً إختبارات الضغط هذه من الداخل . ويلزم في كثير من الأحيان ، إختبار قابلية المعدن للتصلد وقابليته للمعاملات الحرارية الأخرى . وفي بعض الحالات الخاصة ، تجري إختبارات حرارية إستقرارية من ناحية الأبعاد . فمثلاً ، يجب أن يحتفظ دوار التربين باستقامته وانتظام دورانه عند درجة الحرارة التي يعمل فيها .

العيوب الشائعة في المطروقات

يرجع إنخفاض جودة منتجات الحدادة إلى عيوب في المعدن المستعمل الخام . لذلك يجب التأكد من جودة المواد الخام المستعملة في الحدادة قبل التشغيل للتأكد من الحصول على منتجات عالية الجودة يمكن استعمالها بكفاية دون الحاجة إلى استبدالها بين وقت وآخر ببديلات عالية التكاليف . ومن العوامل التي يجب أخذها في الإعتبار ، توقع إنبهار المطروقات المعبوة (التي بها عيوب) إذا كانت عبارة عن أجزاء في المكينات السريعة الدوران . لذلك يلزم إختبار المعدن الخام وأداء عمليات تشكيل الجزء المطروق بحرص ودقة ، لتجنب هذا الإنبهار ، ولتلافى حدوث الكسر . لذلك يلزم التعرف على المعدن الخام من الوجهة العلمية ، كما تازم المهارة والخبرة في الأداء إلى أقصى الحدود ، لإنتاج مطروقات سليمة كيميائياً ومن حيث تركيب البنية . ولاشك أن إنكشاف العيوب في المطروقات ، سواء أكانت

في أثناء عمليات الحدادة أم بعد الانتهاء منها ، خسارة محققة . ويتوقف مقدار هذه الخسارة على نوع وحجم المطروق ، وكية التشغيل التي تمت عليه . لذلك تكلف العيوب في المطروقات الكبيرة كثيراً . ولا تنكشف العيوب في أحوال كثيرة ، إلا بعد إتمام عمليات التشغيل بالمكنات ، وبعد المعاملات الحرارية . وهذه مشكلة خطيرة ، تكلف كثيراً ، فإذا تكرر إنكشاف هذه العيوب ، وجب إجراء بحث دقيق مستفيض في نوع المعدن وفي الأساليب المتبعة في الإنتاج لتجنب وجود هذه العيوب . وتبوء العيوب الشائعة في المعادن ، التي أجريت عليها عمليات التشكيل العجيني كما يلي :

١ - عيوب تنتج من عملية الصهر ، مثل ما يوجد في المعدن المعد للتشكيل بالحدادة ، من بقايات أو خبث أو شوائب لم تفصل عن الحديد في أثناء عملية الصهر . أو تكون فجوات صغيرة (مخبخة) يسببها إطلاق الغازات في أثناء تجمد قطعة الصلب الخام (الشبق) .

٢ - عيوب في تكوين الشبقات نفسها . مثل القنوات ، (ويتكون هذا عند محور الشبق) ، والتشققات أو تشوه السطوح أو تخرج بعض العناصر وتراكيبها الكيماوية في كتلة المعدن . وسبب هذا التخرج ، توزع هذه العناصر والمكونات في المعدن دون انتظام .

٣ - عيوب سببها أخطاء في عمليات الحدادة ، مثل اللحامات الداخلية ، والتشققات والتثنيات . الخ . وما هذه العيوب إلا انفصالات في بنية الكتلة المعدنية .

٤ - عيوب تسببها أخطاء في تسخين وتبريد المطروقات ، مثل إحراق المعدن ، وتناقص الكربون في الصلب وتكون القشور الداخلية . وتسبب الصلب ملازمة للهواء تناقص الكربون فيه ، فيخرج الكربون من سطح الصلب بالأكسدة .

ويصعب في كثير من الأحيان انكشاف العيوب التي بالمطروقات . إلا إذا كانت

موجودة على السطح ، وكانت كبيرة ، بحيث يمكن رؤيتها بالعين المجردة ، كما يصعب إدراك العيوب التي تقع تحت طبقة من القشور أو تكون داخل المطروق . لذلك تستعمل عدة وسائل لفحص الأجزاء المعدنية ، للتحقق من خلوها من العيوب البالغة الأثر .

ويحتمل أن تتكون القشور الداخلية ، وكذلك تمزقات داخل المعدن ، بعد إتمام عمليات الحدادة ، نتيجة لتقل الصلب وقابليته للتصلد ، لذلك تتبع عدة أساليب لتكثيف ومعالجة المطروقات بالحرارة ، قبل تبريدها إلى درجة الحرارة العادية ، وذلك لتجنب هذه العيوب . كما تجرى معاملات حرارية معينة وكذلك تضبط سرعة تبريد المطروقات نصف المشغلة ، المدة لعمليات الحدادة ، مثل السكتل المربعة والمسطحة ، التي يعاد تسخينها لإنقاص حجمها في عمليات الحدادة النهائية . ويتوقف نوع التكثيف والمعاملة الحرارية ، على تركيب بنية المعدن وعلى حجم الجزء المطروق ودرجة تعقيد شكل المنتج المطروق .

وتتصاغر وتندمج حبيبات بنية الصلب ، بتشغيله على الساخن في أثناء الحدادة ، فينتظم ترتيب حبيبات المعدن ، وتقل عيوبه المختفية نسبيا . وتتابع تشغيل المعدن على الساخن في القوالب من النوع المقفل ، ينتج إلى حد كبير أجزاء خالية من هذه العيوب المختفية .

فحص واختبار الخامات المستعملة في الحرارة

تفحص المواد الخام المستعملة في الحدادة للتأكد من جودتها ، وهذه خطوة أولى في إنتاج المطروقات . وتصنع معظم مطروقات الصلب من صلب عالي الرتبة ، عني بأساليب صنعه . ويدرفل هذا الصلب غالبا في أقسام الدرفلة إلى الأحجام المناسبة من كتل عالية الرتبة . ويفحص هذا الصلب دوريا في أثناء إنتاجه ، في قسم الدرفلة ، ليطابق المواصفات الكيماوية والفيزيائية المطلوبة . وتعين هذه المواصفات نوع العمل الذي ستستخدم المطروقات المشطبة فيه .

ويجب التحقق عند فحص المعدن المستخدم في الحدادة ، وخاصة الصلب ، للتأكد أن له سطحاً ممتازاً ، وبنية داخلية خالصة سليمة . ويفحص المعدن كذلك بالتحليل الكيماوي ، وكذلك يفحص السطح باختبارات التطهير بحامض ساخن ، وأيضاً باختبارات الحدادة . وتنتائج هذه الاختبارات إيجابية ، وعلى أساسها يعتمد قبول الصلب للحدادة أو رفضه .

من الواضح أن عمليات اختبار المعادن مطلب أساسي قبل تصميم المنتجات وتركيبها عامة . ويعتبر اختبار أنسب للمعادن لعمل معين ، مشكلة غير بسيطة . لذلك طورت معادن كثيرة لإر تطبيق علم الفلزات الحديث ، واستولدت منها خواص فيزيائية مختلفة ، تكرر كثير منها في هذه المعادن . وهذا يزيد مشكلة اختيار الخام المناسب صعوبة وتعقيداً . وتحت تصرف مهندسي تصميم المنتجات معطيات كثيرة كافية ، في مختلف النشآت التي تصدرها الهيئات المهتمة بصناعة المعادن ، أو يصدرها منتجو آلات الإنتاج ومعداته . ولا تعتمد هذه المعطيات والبيانات المفيدة مرجعاً فحسب ، وإنما هي في الواقع مرشد لاختيار أنسب المواد الخام ، وأنسب العمليات والأساليب التشغيلية وفقاً لنتائج التجارب . فتنتقى هذه المواد بحيث تصلح لمقاومة مختلف الإجهادات التي تتولد في أثناء الاستعمال .

وتشمل هذه المعطيات والبيانات الخاصة بالمواد المستعملة في الحدادة . معلومات عن الخواص الفيزيائية ، وخواص التصليد ومقاومة كلال المعدن ومقاومة الصدمات وغير ذلك من المميزات الماثلة ، التي تتعين في معامل الاختبار . وتجري التجارب على قطع اختبار تؤخذ من المعدن ، أو من أجزاء بالحجم الطبيعي لقطع موجودة فعلاً يمكن مقارنتها . ويشمل تحليل المعدن اختبارات مجهرية .

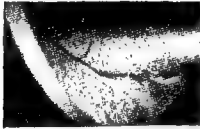
(ميتالوجرافية) ، هي فحص مقطع عينة مجهرة بالعين المجردة ، أو بالمجهر (الميكروسكوب) . وتستعمل هذه بطبيعة الحال لضبط جودة المعدن في أثناء الإنتاج ، ويجري الفحص العادي إما بالعين المجردة ، أو بعدسة تكبير صغير . ويستخدم المجهر (الميكروسكوب) أو الأجهزة البصرية الماثلة الأخرى ، في الفحص

المجهرى (الميكروسكوبى) . ويكون التكبير عادة (٢٥ مرة) أو أقل . فى الفحص العادى . ويظهر فى هذه الحالة من سطح المقطع ما يكتفى لدراسة لكشف عيوب المكسر ، وتقدير حجم الحبيبات ، وتخرج الشوائب ، ونوع البنية على وجه العموم . أما الفحص المجهرى (الميكروسكوبى) ، فإن التكبير فيه يكون بدرجات كبيرة نسبيا . والفرض من هذا الفحص دراسة تطور البنية ، وقياس حجم الحبيبات ، وتمييز نوع الشوائب وتقدير كميّاتها ، وتحديد حجم وشكل حبيباتها .

فحص أسطح الأجزاء المطروقة

تفحص أسطح المطروقات بالعين المجردة ، لكشف عن التشققات واللاحامات الداخلية ، والتثنى ومواضع احتراق المعدن ، والنقط المحروقة ، والقشور الزائدة والصدأ المتغلغل ، ويظهر التثنى فى المطروقات بسهولة ، وتكشف عنه بالعين المجردة ،

كما تعرف اسباب التثنى بسهولة ، إذ أنها إما ناتجة عن خطأ فى التسليح أو عن استخدام قوالب أجزاءها غير متطابقة ، تمنع إنسياب المعدن إنسيابا سلسا فى أثناء الحدادة .



ويبين شكل (١) عيب التثنى فى مقطع مثقاب للخشب . (شكل ١) تثنى فى تكوين بلده مثقاب للخشب

ويتمد التثنى المبين فى شكل (١) من أول القطعة لآخرها ، ويتسبب هذا العيب الواضح من استعمال قوالب مصممة تصميما خاطئا ، كما أن إجراء عمليات الحدادة لم يكن سليما (فى هذه الحالة) من الناحية الفنية .

وكثيراً ما تظهر العيوب فى قطعة المعدن باختبارها بكسرها ، أو بقطعها ، فإذا انكسرت أو قطعت القطعة بحيث يسير مقطع الكسر فى المناطق المعيوبه ،

تتكشف العيوب . وتقطع في بعض الأحوال الأجزاء المعدنية بالمقص أو بالمكناث ، وذلك لكشف العيوب التي تحت سطح المعدن . ويبين (شكل ٢) مقطعا طوليا في



(شكل ٢) مقطع في قضيب مسحوب على البارد به عيوب داخلية

قضيب مسحوب على البارد ، ظهرت تمزقات واضحة في وسطه . ويحدث هذا العيب ، إما بالتشغيل الزائد على البارد ، أو بتأثير كل من انفصال الجزء الأوسط الضعيف والتشغيل على البارد . ويظهر هذا النوع من العيوب في المقاطع التي تتراوح من حيث الجرم فيما بين الأسلاك والإبر الرقيقة إلى قضبان قطرها (١ بوصة) — في المعادن التي سحبت على البارد .

اهتمام المطروقات بتظهير بنيتها بحامض ساخن

طريقة إختبار المطروقات بتظهير بنيتها بحامض ساخن من الاختبارات قليلة التكاليف ، المستعملة كثيراً للكشف عن عيوب تكوين البنية . وتنقسم إختبارات التظهير بحامض ساخن إلى قسمين :

١ — للكشف عن عيوب السطح ، مثل الحامات والتثني والتشقق .

٢ — للكشف عن العيوب الداخلية ، مثل المسامية والقنوية والتخرجية .

ويتلخص إختبار التظهير بالحامض للكشف عن عيوب السطح ، في تغطيس قطع قصيرة من قضبان الصلب أو كتل الصلب المربعة ، في حامض كبريتي مخفف ، لمدة ١٥ دقيقة ، فيزيل الحامض قشور الدرفلة التي تتكون نتيجة للملاسة المعدن

لأكسجين الجو . يتلخص إختبار الكشف عن العيوب الداخلية ، في مقطع عينات من القضبان التي تحت الفحص ، بنشرها ، ثم بتلميعها ، ثم بتغطيسها لمدة (٣٠ دقيقة) في محلول (٥٠ ٪ حامض هيدروكلوري) تجارى و (٥٠ ٪ ماء) مسخن لدرجة (١٦٠°ف) . وتؤثر عملية التطهير بالحامض الساخن في المعدن المختبر ، بإظهار خواص بنيته أى حجم حبيبات وتشكيل بنيته .

ويبين (شكل ٣) مقطعا في مسار عولج بحامض ساخن ، فظهر كسر بدأ في أثناء الكبس على البارد . وقد بدأ الكسر في هذا المسار ، من تمزق داخلى في رأسه ، نتج عن تشغيل الصلب على البارد خارج حدود مموليته .



(شكل ٣)

مقطع في مسار ظهرت بنيته بحامض ساخن بين كسراً بدأ في أثناء الكبس على البارد

الاختبار المجهرى (بالميكروسكوب)

كثيراً ما تختبر مقاطع في المطروقات بعد تلميعها وتطهيرها بالحامض ، باستعمال المجهر (الميكروسكوب) ، الذى يكشف عن العيوب التى لا ترى بالعين المجردة .

وبين (شكل ٤) منظرا مجهريا (ميكروسكوبيا) ، يكشف عن خطوط تخرجات الشوائب المتكونة من الخبث ، في مقطع طولى في عمود من الصلب شكل بالحدادة. ويشير وجود هذه الخطوط إلى خطأ في طريقة صهر هذا النوع من الصلب ، وينشأ بطبيعة الحال عن وجود هذا العيب ، قصر في حياة استعمال هذه القطعة. وقد يسبب تكون خطوط الشوائب هذه . تشققات شعرية داخلية ، تغير في مقادير مقاومة المعدن في الاتجاهات المتعارضة .



(شكل ٥) تشوه البنية على سطح مشغل بالمكثات (مكبرة ١٠٠ مرة)



(شكل ٤) مقطع طولى في عمود شكل بالحدادة يبين الشوائب (مكبرة ١٠٠ مرة)

وبين شكل (٥) أثر التشغيل الأولى التقريبي بالمكثات على الجزء المطروق . وتسبب اعوجاج البنية الظاهر قرب سطح المطروق ، في هذا الالتواء أو التشدخ وذلك في أثناء إجراء عمليات المعاملة الحرارية التي تلت التشغيل التقريبي .

اعتبارات غير انهيائية

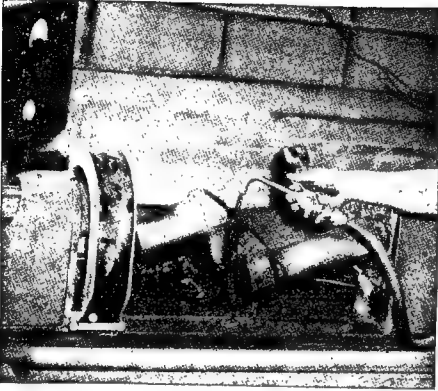
تستعمل طرق الاختبار غير الانهائية لفحص جودة تشكيل الأجزاء المعدنية . ويكشف عن حالة المعدن الداخلية تحت سطحه بتسليط الأشعة السينية على قطعة من المعدن ، فتعبر بين ذراتها . وتخترق الأشعة السينية مقاطعات من المعدن ممكها (٤ بوصات) ، إذا كان الجهد الكهربى للاستعمل ، حوالى (٣٠٠٠ فولت) ،

وذلك للكشف عن عيوب مثل الكسور والتفلاقات وما يشابه ذلك من العيوب .
وتستخدم الخواص للمغناطيسية في اختبار يسمى (المجنفا فلاكس) ، ويعمل
عن طريق انسياب خطوط المجال للمغناطيسي ، للكشف عن عيوب السطح في الصلب
مثل الشقوق والعيوب والتثنيات . وتتلخص هذه الطريقة في مغطسة الصلب أولاً ،
ثم ذرّ برادة الحديد على السطح ، فتستقطب مواضع العيوب التي في السطح أو القربة
منه وتجمع حولها برادة الحديد فتتبين العيوب للمسترة .

وللاختبار للمغناطيسي (المجنفا ملكس) مميزات كثيرة ، كما أن لها بعض نواحي
النقص في الكشف عن عيوب منتجات الحدادة ، فمميزات هذه الطريقة حساسيتها
الكبيرة في إظهار عيوب السطح ، التي قد يكون بعضها صغيرا بحيث لا تكشفها
الوسائل الأخرى ، وهي وسيلة سريعة ، وتكشف العيوب بوضوح .

والعيوب التي تكشف عنها هذه الطريقة هي العيوب السطحية ، والعيوب
التي تقع تحت السطح مباشرة : وهذه الأخيرة عيوب لا تكشف عنها الوسائل
الأخرى . ويقتصر استعمال هذه الوسيلة على المعادن الحديدية المغناطيسية ،
أو سبائكها ، ولا تكشف هذه الوسيلة عن كل العيوب التي تحت السطح ،
إذ يتوقف ذلك على خواص وعمق هذه العيوب .

توضع برادة الحديد للمغناطيسية الدقيقة ، على للمطروقات في محلول أو جافة
طبقاً للأسلوب المتبع ، فيتكون تشكيل منها في نقط تسرب خطوط المجال
المغناطيسي . ويبين هذا التشكيل مكان وخواص العيوب العامة . ومغطسة القطعة
أهم مرحلة من مراحل الكشف ، إذ يلزم أن تتعامد خطوط المجال للمغناطيسي
على اتجاه العيب ، لذلك لا يكشف عن وجود خط لحام داخلي ، إذا كان موازياً
للمجال للمغناطيسي . لذلك يلزم مغطسة الأجزاء غير المنتظمة في عدة اتجاهات مختلفة
بعد إزالة مغناطيسيتها بعد كل عملية . ويبين (شكل ٦) جهاز اختبار (المجنفا فلاكس)
في أثناء الكشف على مطروقات أجزاء الطائرات ، وهي من اختبارات الكشف
الهامة التي يتحقق عن طريقها جودة هذه الأجزاء التي في غاية الأهمية . وتنتج شركة



(شكل ٦) مكنة (مجنا فلاكس) لفحص مطروقات أجزاء الطائرات

(مجنا فلاكس) بشيكاجو مجموعة من معدات الاختبار لفحص مختلف المنتجات ، أهمها المطروقات . ويستحسن أن يحصل القارئ على للمعطيات والبيانات المتعلقة بهذه المعدات ، من النشرات التي تصدرها هذه الشركة ، أو عن طريق سؤال الشركة نفسها مباشرة .

ضبط جودة عمليات الحدادة بالتحكم في أساليب التشغيل وعملياته فمكما سامو

لا يمكن التأكد من جودة المطروقات إلا بضبط جميع عمليات أساليب التشغيل ومراحل إنتاج الصلب ، ضبطاً دقيقاً ابتداء من عمليات استخراج خام الحديد من المناجم ، إلى عمليات معاملة المطروقات النهائية بالحرارة وتخليجها . ويلزم تحديد الجودة بمواصفات محددة دقيقة لضبط هذه الجودة . ونلاحظ

أن الموصفات القديمة لم تتمدد حدود تسمية أنواع الصلب، إذ كان يعين النوع باسم كما يلي مثلاً: « صلب عجلات العربات » أو: « قضبان صلب للحداثة اليدوية » أو: « صلب الأعمدة الدوارة » أو: « صلب سلاح المحارث » أو حديد قضبان السكك الحديدية . . . الخ.

ومن الواضح أنه يلزم في الموصفات الجديدة، أن تشمل التحليل السكياوى، ومقدار الصلادة المطلوبة، ومقاومة الشد، ومدى المطوية، ومقاومة الصدمات . . . الخ. وبمباراة أخرى يجب أن تشمل هذه الموصفات كل البيانات والمعطيات التي تحدد صلاحية الصلب لما سيتعرض له في أثناء الاستخدام.

ويمكن هذه الأيام شراء نوع الصلب لمختلف أنواع إنتاج المطروقات في المصانع الحديثة، التي تتبع أساليب الإنتاج الكبير، بأسعار أقل بكثير من الأسعار التي كانت في الوقت الذي بدأت فيه صناعة الحداثة تستخدم أساليب الإنتاج الكبير. وتنتج اليوم المطروقات بجودة أعلى بكثير منها في أى وقت مضى. ويعتمد إنتاج المعادن عامة على مهارة فنية كبيرة، كان لها أكبر الأثر في إنتاج مطروقات عالية الجودة متباينة الأشكال.

طرق التعرف على أنواع الصلب المختلفة

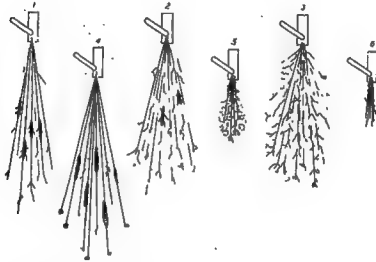
تستخدم أنواع سبائك الحديد المختلفة في إنتاج كثير من المنتجات، ولتمييز بين أنواع هذه السبائك، طرق ووسائل غير وسائل التحليل الفيزيائى والكيمياوى الشاملة. إذ قد يحدث في مصنع ما أن تختلط أنواع مختلفة الرتب من الصلب بعضها مع بعض، فتصعب التفرقة بينها. ولهذا يلزم تمييز قضبان الصلب عادة بطلاء أجزاء منها بألوان مختلفة أو بأية وسيلة أخرى عند شرائها. ولكن قد يحدث أن تزال أو تسمى هذه العلامات المميزة بقطع الجزء المطلى، فيصبح باقى القضيب الصلب غير مميز بربطته أو بنوعه. ومع أن على صانع الآلات والعدد، أن يختار الصلب للناسب للصنع برتبة معينة، لا يصلح لغيرها. فإذا اختلط عليه الأمر، لا يمكنه ذلك.

لذلك كان من الضروري أن تكون هناك وسيلة بسيطة لتعيين أنواع ورتب المواد الخام هذه ، لأمثل هذه الحالة خشب ، بل أيضاً في كثير من غيرها . ولتعيين أنواع ورتب المواد وسائل عملية بسيطة ، للتعرف عليها كما في حالة سبائك الحديد ، منها إختبار الشرر وإختبار المكسر . واختبار الشرر لا يستغرق إلا زمناً قصيراً دون إتلاف في المعدن ، كما أنه لا يتكلف كثيراً . وهذا الاختبار عبارة عن وضع الحديد أو الصلب ملامساً لحجر جليخ في أثناء دورانه ، وملاحظة نوع الشرر المتطاير من سطح حجر الجليخ الدائر وشكل هذا الشرر وهيئته . ويتكون هذا الشرر من حبيبات صغيرة من المعدن ، تنفصل عن المعدن الأصلي عند ملامسته لحجر الجليخ ، فتتطاير حمراء أو صفراء نتيجة للاحتكاك ، ثم تتأكسد أو تحترق في أثناء تطايرها للامستها لأكسجين الهواء . وإذا كان في الصلب أو الحديد عنصر سهل الإحترق كالكربون ، يحدث اشتعال سريع ويظهر الشرر معه لامعاً .

ولا يتطاير الشرر ، أو يتطاير بمقدار قليل ، إذا وضع الحديد المطروق أو الصلب منخفض الكربون على سطح حجر الجليخ الدائر ، وإنما تخرج خطوط ضوئية من سطح العجلة في اتجاه الدوران ، وتظهر معتمة بالقرب من الحجر ، وينصع لون هذه الخطوط كثيراً ، عند نقطة تبعد نسبياً عن الحجر ، تتحول بدورها مرة أخرى إلى الإعتام وتسقط على الأرض .

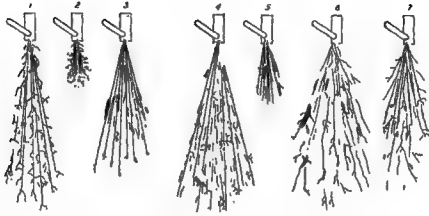
ويتوالد الشرر ناصعاً ، بمجرد وضع قطعة من الصلب على الكربون ملامسة لسطح حجر الجليخ الدائر ، ولكن يتوالد شرر حول محيط العجلة عند تجليخ الصلب منخفض الكربون ، ويختفي شرر الصلب على الكربون بعد تولده مباشرة . ولا تتخلف أى حبيبات منفصلة من العجلة في حالة الصلب على الكربون علواً كبيراً ، إذ أنها تحترق جميعاً ، وتختفي في الهواء . وسبب هذه الظاهرة أن الصلب على الكربون ، يحترق بسهولة أكثر منها في حالة الصلب منخفض الكربون . وتوضح هذه الظاهرة سبب الاحتياطات الكبيرة التي تتخذ في أثناء تسخين الصلب على الكربون ، استعداداً لطرقه ، إذ يُجنَّب هذه الاحتياطات إحترق المعدن

في هذه الأحوال . ويختلف شكل الشرر الذي يتولد من أنواع الصلب التي تختلف تحاليلها الكيماوية عند تجليخها . ويتمين على عمال الحدادة أن يتعرفوا على خواص الشرر الذي يتولد من مختلف أنواع الصلب ذات التحاليل المعروفة ، بالتعرف على أنواع الخدات المجهولة النوع بوساطة الشرر . ويستطيع العامل الخبير المتمرن ، استعمال اختبار الشرر لمعرفة كمية تناقص الكربون الذي يحدث في أثناء عمليات الحدادة ، كما تستخدم هذه الوسيلة لتمييز صلبك الغلاف الصلب في الأجزاء المختلفة أي مقاسة السطوح .



- (شكل ٧) خواص الشرر المتطاير عند تجليخ أنواع مختلفة من الحديد والصلب .
- ١ — صلب منخفض الكربون .
 - ٢ — صلب متوسط الكربون .
 - ٣ — صلب عالي الكربون .
 - ٤ — حديد مطاوع .
 - ٥ — حديد زهر أبيض .
 - ٦ — حديد زهر رمادي .

وبين (شكل ٨ و ٧) خواص الشرر المتطاير عند تجليخ مختلف سبائك الحديد . وبين جدول رقم (٤) وصفا تفصيليا لخواص الشرر المتولد من أنواع الحديد والصلب والسبائك المختلفة . « راجع كتاب دليل المعادن (الفلزات) طبعة ١٩٤٨ الذي نشرته الجمعية الأمريكية للمعادن للحصول على معلومات مستفيضة عن اختبار أنواع الشرر المتطاير من الصلب والسبائك » .



(شكل ٨) خواص الفرر المطاير عند تجليخ أنواع مختلفة من الصلب السبائكي :

- | | |
|---------------------------|------------------------------------|
| ١ — صلب عدة . | ٢ — صلب السنايك والقوالب . |
| ٣ — صلب المقاطع المثينة . | ٤ — صلب قوالب التشغيل على الساخن . |
| ٥ — صلب لا يصدأ . | ٦ — صلب لا يتقلص أو ينكسر لذكور |
| ٧ — صلب مفتايطى . | القوالب وتقطع الاوليات . |

ويمكن استخلاص معطيات وبيانات مفيدة جداً عن خواص الصلب من اختبارات الكسر . وتتلخص عملية كسر الصلب بطريقة مناسبة ، في أن يحز المعدن مثلاً ، بالمنشار أو الأجنة ، ثم يقبض على أحد طرفيه في منجلة ويضرب طرفه الآخر بالمطرقة فينكسر ، فيتبين للفاحص ما إذا كان الصلب ليناً مطيلاً أو صلباً قسيفاً . ويعرف من فحص للكسر ، ما إذا كانت نسبة الكربون في عينة الصلب منخفضة أو مرتفعة ، كما يعرف من فحص مكسر مسبوكة من الحديد الزهر ، ما إذا كان رمادياً أو أبيضاً أو لدناً ليناً .

ولا ينكسر الصلب المنخفض الكربون بسهولة ، لأنه ينتفى أولاً للدوثة ومئاته ، فإذا انكسر يظهر للكسور بلون رمادى فاتح . ويمكن تقدير حجم الجيبات إذا لم يتشوه المكسر كثيراً . ولا تتغير خواص الصلب منخفض الكربون كثيراً ، كصلادته مثلاً ، عند كسره إذا سخن إلى اللون الأحمر الفاتح ، (أى إلى درجة حرارة حوالى ١٥٠٠°ف) وسقى في الماء .

والصلب عالى الكربون ، أكثر قسافة من الصلب المنخفض الكربون ، وهو لذلك لا ينتفى أو ينحن بنفس الدرجة ، لذلك ينكسر بسهولة . ويلعب مكسر الصلب

على الكربون ، ويظهر حجم حبيباته بوضوح أكثر منها في مكسر الصلب منخفض الكربون .

وتتغير خواص الصلب على الكربون تغييرا واضحا عند تسخينه إلى اللون الأحمر ، (حوالى ١٤٥٠ ° ف) ، وسقيه في الماء ، فيصبح صلبا قسيفا ، ويصبح للمكسر حريري المظهر دقيق الحبيبات ، وذلك بعد معاملته حراريا .

ولا يصلح الحديد الزهر الرمادى للحداة ، ويجب التفرقة بينه وبين الحديد الزهر الأبيض والحديد الزهر اللين (اللين) . وينكسر الحديد الزهر الرمادى بسهولة ، لأنه لين قصيف للمكسر كبير الحبيبات ولونه رمادى غامق .

وينكسر الحديد الزهر الأبيض بسهولة ، ولو أنه صلب جدا ، ولكنه قصيف ، ويُظهر المكسر حجم الحبيبات وهو أبيض اللون . ويصعب تشغيل هذا الزهر على مكينات التشغيل غير مكينات الجلفخ .

ولا يصلح الحديد الزهر اللين (اللين) للحداة ، كما لا يمكن تشغيله على البارد في حين أنه لا ينكسر بسهولة ، لأنه متين مطيل ولا يشبه في ذلك كلا من الحديد الزهر الرمادى أو الأبيض . ويظهر مكسر الحديد الزهر اللين (اللين) ، على هيئة غلاف يحيط بالجزء الداخلى . ولمكسر الفلاف هيئة الصلب منخفض الكربون ، بينما يشبه مكسر الجزء الداخلى ، مكسر الحديد الزهر الرمادى ، إلا أنه أغمق منه لونا .

ويصعب كسر الحديد للطاوع لليوتته ومئاته ، ولا تتغير خواصه بتسخينه وسقيه في سائل بارد . ولون مكسره يكون مكسر الصلب منخفض الكربون ، إلا أنه تظهر فيه ألياف ، وذلك لوجود خطوط الشوائب فيه ، ويمكن مشاهدتها أيضا على السطح بعد إزالة القشور عنه .

وخلاصة القول ، أن اختبارات الشرروخص للمكسر ، هي في الواقع اختبارات سريعة بسيطة مفيدة ، وخصوصا في التطبيقات العملية . ورغم ارتفاع تكاليف معدات وسائل التحليل الجهرى (الليكروسكوبى) ، وطول الزمن اللازم لأداء الاختبار ، فإن لهذه الوسيلة أهمية كبيرة في حالات كثيرة ، إذ تدل على تركيب بنية للمعدن وخواصه الأخرى التى تناسب هذه البنية .

(جدول رقم ٤)

خواص الشرر من أنواع مختلفة من الحديد والصلب والسبائك

خواص الشرر	للعدن والتحليل
لون الخطوط للتطايرة من حجر الجليخ قشى فاتح وتتبع خطوطا مستقيمة ، ويزداد عرضها ويشد ضوءها على مسافة من الحجر . والخطوط عبارة عن حبيبات صغيرة من المعدن ، تتطاير من سطح الحجر بعد أن ترتفع درجة حرارتها . وتنفجر هذه الخطوط في شرر يميز الشكل . ولكن هذه الظاهرة غير واضحة تمام الوضوح . ولا يظهر شرر أو تریش حول محيط الحجر .	صلب كربوني (٠,٠٥ ٪ إلى ٠,٠٩ ٪) كربون
شرره كربوني ، وتنفجر الخطوط أكثر منها في الصلب الكربوني (٠,٠٥ ٪) . وسبب استضاءة الخطوط للتشعبة هو الانفجار . ولا يحدث هنا أى تریش .	صلب كربوني (٠,٢٠ ٪) كربون
فيه زيادة في الانفجارات والتشعب . لون خطوطه ذهبي زاهٍ . يلاحظ بعض التریش حول محيط حجر التجليخ .	صلب كربوني (٠,٤٠ ٪) كربون
به انفجارات كثيرة لونها أصفر نحاسي . يقترب التشعب من الحجر كلما زادت نسبة الكربون في الصلب . ويحيط التریش بالحجر .	صلب كربوني (٠,٦٠ ٪) كربون
به عدد متزايد من الانفجارات ، وتناقص في طول الخطوط ، وهناك تریش .	صلب كربوني (٠,٨٠ ٪) كربون

المعدن والتحليل	خواص الشرر
صلب كربوني (٩٠٪ كربون)	به عدد كبير من الانفجارات وتشعب ظاهر، كثيرا ما يعود وينقسم، وكذلك به تريس، واللون أبيض ذهبي.
صلب كربوني (١٪ إلى ١٠٪)	يقل فيه وضوح الخطوط بزيادة نسبة الكربون إذ يتولد الشرر أو الانفجار قريبا جدا من سطح حجر الجلتخ.
صلب كربوني (ما فوق ذلك)	يزداد عدد الانفجارات والتشعب كثيرا. وخطوطه أقصر بكثير، ويميل اللون إلى الأحمر كما يحدث تريس ظاهر
حديد زهر رمادي	خطوطه قصيرة رفيعة جدا، وبعض الشرر فيه مثل شرر الصلب الكربوني، ولكن غير كامل الوضوح، واللون أحمر طوبي، ويميل خطوطه إلى الانحناء إلى أعلى عند نهايتها، ولا يحدث تريس.
حديد زهر أبيض	يمثل للصلب عالي الكربون، إلا أن خطوطه أدق بكثير وأقل شررا، ولون الخطوط قرب الحجر أحمر طوبي، وتريشه قليل جدا.
حديد زهر عالي السليكون	لا تكاد خطوطه تظهر، بل يظهر وهج أحمر قرب الحجر.
معدن نيكلكروم (نيكل وكروم)	خطوطه دقيقة جدا لونها يميل إلى اللون الأحمر وهي قصيرة جدا، ولا يؤثر الأكسجين كثيرا على هذه المادة.
حديد زهر ملدن (لدن)	خطوطه كثيرة عريضة، ويتولد فيه بعض الشرر أو الانفجارات ويسبب ذلك تشعبا، واللون أحمر برتقالي.
الحديد المطاوع	يشبه الصلب منخفض الكربون كثيرا، وخطوطه طويلة صفراء، وتضيء بالقرب من قرب نهايتها وتكاد تخلو

المعدن والتحليل	خواص الشرر
	من شرر الكربون ، كما تتشعب الخطوط تشعبا قليلا . ولا يحدث أى تریش .
الصلب المدرفل المثلثين (٠,٤٠ ٪ كربون) (١,٧ ٪ تنجستن) (١,٠ ٪ كروم)	يشبه الحديد للطاوع . ولكن خطوطه أقصر بكثير ، وبها انفجارات قليلة قرب سطح الحجر وخطوطه حمراء دون تریش .
صلب مغناطيسى (٠,٦٥ ٪ كربون) (٥,٥ ٪ تنجستن)	خطوطه حمراء تشعب ، وهو أصفر ويبدأ التشعب قرب الحجر ، ويستمر على طول الخطوط . يتولد شرر بعض الكربون فيحدث تشعبا كثيرا .
صلب رموس المطارق للتساقطة وقوالب التشكيل (٠,٥٥ ٪ كربون) (٠,٦ ٪ كروم) (١,٥ ٪ نيكيل)	يتطاير فيه بعض الشرر للميز . كما فى الصلب الكربونى الذى يحتوى نفس النسبة من الكربون .
صلب قوالب التشكيل على الساخن (٠,٦٥ ٪ كربون) (٣,٥ ٪ تنجستن) (٣,٧٥ ٪ كروم) (١,٠٠ ٪ فانيدوم)	خطوطه قصيرة ، وبها انفجارات صغيرة جدا ، واللون مائل للاحمرار والخطوط باهتة جدا .

المعدن والتحليل	خواص الشرر
الصلب سريع القطع (صلب الهواء) عالي الكربون وعالي التنجستن	مشابه للشرر المتولد في قوالب التشكيل على الساخن . وله خطوط لونها مائل للاحمرار ، تتبع مدارها خطوط منكسرة وانفجارات قليلة ، ويظهر أثره بسيط من الشرر المتولد من الكربون ، ولا يحدث التريش .

أسئلة للمراجعة

- ١ - ما الغرض من اختبارات وفحص المطروقات ؟
- ٢ - اذكر أسماء بعض الوسائل المستعملة لفحص واختبار خواص المطروقات الميكانيكية .
- ٣ - اذكر بعض العيوب الشائعة في المطروقات .
- ٤ - كيف يمكن تجنب العيوب الخفية في الأجزاء التي يتم صنعها .
- ٥ - ماهي الخطوة الأولى في إنتاج مطروقات عالية الجودة ؟
- ٦ - ناقش أهمية اختبار الخدات المناسبة لمنتجات الحدادة .
- ٧ - ماهي الخواص الهامة التي يجب أن تتصف بها المواد المستعملة في الحدادة ؟
- ٨ - صف عملية فحص أسطح الأجزاء المطروقة .
- ٩ - صف وسيلة اختبار مطروقات الصلب بالتطهير بمحاض ساخنة .
- ١٠ - كيف يستخدم المجهر (الميكروسكوب) في فحص المطروقات ؟
- ١١ - اذكر أسماء بعض وسائل الاختبار غير الانهيارية المستعملة في فحص المطروقات .
- ١٢ - صف طريقة الاختبار المغناطيسي (الجلفلاكسي) المستعملة في الكشف عن عيوب منتجات الحدادة .
- ١٣ - ماهي الشروط التي يجب أن تتوافر للتأكد من جودة المطروقات ؟
- ١٤ - اذكر أسماء بعض الوسائل المستعملة لتمييز أنواع الصلب ؟
- ١٥ - اشرح بإيجاز اختبار الشرر المستعمل لتمييز أنواع الصلب المستعملة .
- ١٦ - صف المكسر المستعمل بإيجاز في اختبارات الصلب .
- ١٧ - ماهي مميزات اختبار الشرر والمكسر ؟

الباب الثالث عشر

قوالب الحدادة وآلاتها

أهمية تصميم قوالب الحدادة وآلاتها بطريقة صحيحة

لقوالب وآلات الحدادة دور هام في تنفيذ مختلف عمليات الحدادة ، تنفيذاً سليماً . ولا تعتبر الحدادة طريقة عادية من طرق تشغيل للمعدن على الساخن ، لإنتاج الكتل والقضبان والأشكال الأخرى البسيطة بحسب ، بل هي أيضاً وسيلة تشغيل يشكل المعدن بواسطتها بأشكال محددة الأبعاد ، بالضغط تبعاً لمواصفات وأبعاد مضبوطة .

ويؤثر في البنية ، الضغط المستمرين الدرافيل والمعدن اللام بينهما في أثناء عمليات إنتاج كتل الصلب والقضبان ، مثل عمليات السحب بتصغير حبيبات المعدن وتطوير بنيته في اتجاه الدرفلة . وتمثل عملية تشغيل المعدن على الساخن عند إنتاج اللطروقات في قوالب بعمليتين : عملية طرق ، وعملية تدخال ، فلا تتشكل الكتلة أو القضيبي بحسب ، إنما يوالى كذلك تصغير حبيباته . وينتج عن ذلك بنية كثيفة متينة في جميع أنحاء الجزء للشكل . وتحول كتل المعدن ، وخاصة كتل الصلب إلى أجزاء هامة في مختلف الآليات ، مثل السيارات والطائرات والقاطرات ، وغير ذلك من الآليات الأخرى ، التي لها استعمالات مختلفة .

وتنفذ جميع عمليات الحدادة على الساخن ، كما ذكر من قبل باستعمال قوالب بسيطة (مسطحة) أو قوالب تشكيل من النوع للقول . وبين (شكل ١) قوالب مسطحة تستعمل في الحدادة البسيطة (اليدوية) ، وليس في هذه القوالب فجوات لتشكيل المعدن الساخن المعجنى إلى الشكل والأبعاد للضبوطة الدقيقة ،



(شكل ١) قوالب بسيطة أو مسطحة

للمطلوبة في كل الأحوال ، ولكنها
تطور المعدن قليلا إلى ناحية الجودة
ويناسب للمعدن في الاتجاهات
الجانبية ، تحت تأثير الضغط
بين جزئي القالب ، ويشكل المعدن
بتحريكه ليتلقى طرقا المطرقة
المتوالية .

وتستخدم قوالب التشكيل

من النوع المقفل لتشكيل المعدن بالضغط إلى الشكل والأبعاد المطلوبة ، ولهذا
القوالب تجوأت مُشكَّلة على سطوحها ، كالبينة في البابين الخامس والسادس .
وتتحكم وسيلة الحدادة هذه كذلك ، في اتجاه وكثافة انسياب ألياف بنية المعدن ،
ويظهر تحسن ملحوظ في خواص المعدن وجودته تناسب حالات معينة من حالات
الاستخدام . وتنتج مطروقات في قوالب التشكيل من النوع المقفل مختلفة الشكل
والحجم ، تتراوح في وزنها فيما بين أوقيسات قليلة إلى مئات من الأرتال .
وقد تستخدم القوالب المسطحة المستعملة في الحدادة (اليدوية) فيما تستعمل فيه
قوالب التشكيل من النوع المقفل . ويمكن استخدام القوالب المسطحة في إنتاج
مطروقات تتراوح في الوزن فيما بين رطل واحد وأكثر من (٢٠٠ طن) . واستعمال
قوالب تشكيل من النوع المقفل وغير ذلك من آلات الحدادة المصممة تصميميا
سائما ، عامل من العوامل الهامة في تطوير جودة المعدن وفي تشكيل الجزء المطلوب
تشكيلا مضبوطا دقيقا ، وذلك في أثناء عمليات الحدادة المتتابعة .

خطوات صنع قوالب التشكيل من النوع المقفل

يجب تصميم قوالب التشكيل من النوع المقفل ، لغرض تشكيل الجزء ،
وفي نفس الوقت لتطوير بنية المعدن وذلك لتقويته إلى أقصى الحدود ، حتى يُعتمد

عليه أثناء الاستخدام . وتتطلب هاتان الغايتان من المصمم أن ينظم الفراغات بحيث يتشكل المعدن إلى الشكل الهندسى المطلوب ، وتحديد بنية الصلب للتليفة ، وتساعد على تغيير حبيبات البنية . وتتصمم فراغات القوالب تصميما سليما بحيث تتحدد مساوات خطوط انسياب بنية المعدن وكثافة حبيباتها ليكسبه أقصى مقاومة عند اللواضع التى تتعرض لأعلى الإجهادات . ويتحقق تطوير هذه العوامل للقوية عادة ، فى أثناء أداء خطوات الحدادة الأولى ، وذلك عند تحديد الأطراف فى أثناء الحصر والضغط ، إلى أن ينتهى الجزء للشكل إلى الشكل النهائى دون كسر فى استمرارية البنية للتليفة .

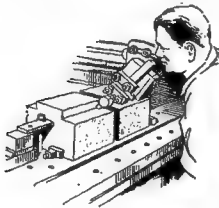
ويمكن الاكتفاء بمجموعة واحدة من القوالب لعمليات الحدادة الابتدائية ، وعمليات التشطيب ، كما ذكر فى البابين الخامس والسادس ، وذلك فى إنتاج الأجزاء الصغيرة والمتوسطة الحجم . بينما تلزم عدة أطقم من القوالب وأكثر من أداة واحدة من المعدات ، لانتهاء عمليات الحدادة الابتدائية وعمليات التشطيب فى حالة الأجزاء الكبيرة أو للعقدة . ويمكن تشكيل للطروقات الكبيرة أو غير المنتظمة تشكيلا ابتدائيا بوسائل الحدادة (اليدوية) ، وتترك خطوات الضغط والتشطيب النهائية لإجرائها فى قوالب تشكيل من النوع للمقفل . وتشكل الفراغات فى كتل القوالب للمصنوعة من صلب خاص سبق معاملته حراريا . وذلك بعد الانتهاء من تصميم القالب . وتطلب صناعة قوالب التشكيل من النوع للمقفل ، معرفة تامة لسلوك المعدن فى أثناء تشغيلها على الساخن فى الحالة اللدنة أو العجيلية ودراية فنية عن طريق الخبرة .

وتوضح الأشكال الآتية الخطوات الرئيسية لصنع مجموعة من قوالب التشكيل من النوع للمقفل لحدادة ذراع توصيل من الصلب بالحدادة للتساقطة ، ويلزم إعداد قوالب التشكيل من النوع للمقفل للحدادة ، بمكنات التشغيل والحدادة بالضبط إلى نفس هذه الخطوات تقريبا .

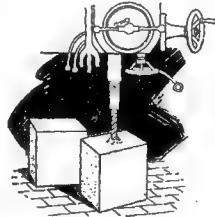
ويمكن تشكيل المطروقات بتفاوت صغير يقلل من مقدار عمليات التشغيل

بالمسكنات التي تتلو الحدادة ، ومن تكاليف التشغيل وذلك بواسطة ضبط فراغات كتل القوالب ، التي تحد حجم للطروقات وشكلها الخارجى . وتورد كتل القوالب الخام من صانعى كتل القوالب المتخصصين فى هذا الليدان إلى مخازن كتل القوالب الملحقة بمصنع الحدادة . وتصنع كتل القوالب عادة من صلب سبائكى على الجودة ، وتراوح أوزانها فيما بين عدد قليل من الأرتال إلى عدة أطنان . وتخزن كتل القوالب فى المخزن ، بطريقة يمكن معها استخدام المرافعات الميكانيكية العالية ، لنقلها إلى قسم المعد ، حيث تخفر فراغات القوالب وتشكل بواسطة عمال مهرة ، وتستخدم لذلك كثير من الممكنات والعمليات اليدوية فى هذا العمل .

وأول عملية تفغيل بالمسكنات تجرى على كتل القوالب ، وهى ثقب ثقبين فى جانبين متقابلين لتركيب مقابض مناسبة ، لتسهيل وتيسير حمل ونقل هذه الكتل الثقيلة من مكان لآخر . ويبين (شكل ٢) عملية ثقب الثقوب فى كتل القوالب .



(شكل ٣) تشغيل السيخان فى كتل القوالب على مكنة المكشطة العربية .



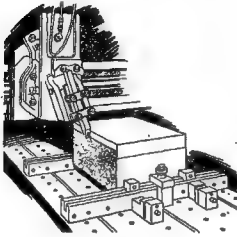
(شكل ٢)

ثقب ثقوب فى كتل القوالب لتثبيت المقابض

وخطوة التشغيل الثانية ، هى تشغيل السيخان فى كتل القوالب الخام على مكنة المكشطة العربية ، وذلك استعداداً لتثبيتها فى مكنة الحدادة . ويتوقف أبعاد الساق على الأبعاد القياسية المستعملة فى ورشة الحدادة المعينة ، التى تتناسب ومكنة الحدادة المطلوبة . ويبين (شكل ٣) هذه العملية . وتجرى عملية أخرى على كتل

القوالب بعد تشغيل السيقان هذه ، بنفس مكنة المكشطة ، وهذه العملية هي عملية تسوية سطح كتلة القالب للمقابل للساق ، لإنتاج سطح نظيف مستوى ، استعدادا لحفر الفراغات والتشكيلات التي بالقالب . وتلى هذه العملية عملية كشط جانبيين

في كل كتلة من كتل القالب في الاتجاه .

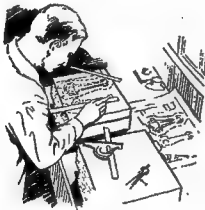


(شكل ٤)

الداخلي من جانب الكتلة أسفل سطحها ، بحيث يكون زاوية قائمة بينهما ، زاوية قائمة بين كل منهما و سطح الكتلة . ويمكن ربط قياس جميع الأطوال عند حفر الفراغات من هذين الجانبين والسطح المكشوط ، كما في (شكل ٤) ، كما أن هذين الجانبين المكشوطين غرضا هاما آخر ، إذ يضبط بهما محورا القالبين عند تثبيتهما في مطرقة الحدادة .

مفر فراغات التنطيط

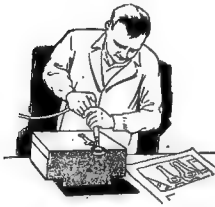
يوضع محدد قياس يحيط بفراغ التنطيط على سطح كتلة القالب المشغل



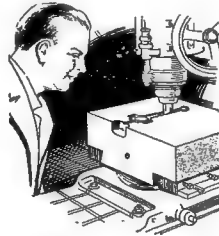
بالمكشطة ، فإذا لم يوجد محدد قياس لهذا الغرض ، يؤخذ محيط الفراغ من رسم للطروق أو رسم القالب ويوضع لوز مناسب على سطح قالب التشكيل ، لإظهار علامات محيط للطروق ، وذلك بصنع سطح كتلة

القالب بمحلول كبريتات النحاس (شكل ٥) رسم محيط فراغ التنطيط على سطح كتلة القالب

أو بأي محلول آخر مناسب . ويوقع مكان فراغ التشطيب في كل قالب عادة ، بحيث يقع مركز ثقل المنتج للطروق في وسط الرأس الساقط الهندسي ، أي في منتصف المسافة بين جانبي الرأس الساقط وواجهته وخلفه . وبين (شكل ٥) هذه العملية . وبين (شكل ٦) عملية حفر فراغ التشطيب على سطح كتلة قالب . وتستخدم لذلك أحدث وأدق أنواع مكينات التشغيل المصممة خصيصاً لهذا الغرض . ولتشغيل فراغ التشطيب بدقة أهمية كبرى ، إذ أنها تشكل المنتج المطروق بالعرض وبالعُمق والسكك النهائي المضبوط . وتحفر المكينات الحديثة فراغات التشطيب بدقة يصل تفاوتها إلى أجزاء قليلة من ألف من البوصة . وتختلف وسائل حفر فراغات التشطيب ، باختلاف درجة تعقيد تصميم للطروق .



(شكل ٧) عمليات كشط وبرد وتلميع فراغات التشطيب

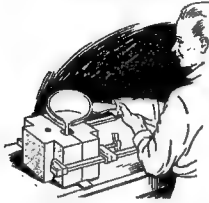


(شكل ٦) حفر فراغات التشطيب على سطح كتل القوالب

وتلى عملية التشغيل بالمكينات عمليات يدوية على (التازجة) ، مثل كشط وبرد وتلميع وتلميع فراغات القالب وتشكيلاته . وبين (شكل ٧) عمليات تشغيل فراغ التشطيب يدوياً ، ويجب التأكد من دقة جميع أبعاد فراغات التشطيب ، كما يجب تحضيئها وتلميعها لإزالة جميع آثار التشغيل بالآلات واحدة القطع ، حتى يمكن للمعدن الانسياب في فراغات القالب . بأقل مقاومة ، وتنتج الفراغات المحفورة بهذه الطريقة مطروقات بتفاوت قليل وبأقل كمية من التآكل الاحتكاكي .

تحضير مصبوبات الرصاص

يثبت القالبان العلوى والسفلى معاً ، بحيث تنطبق محاورها بعد الانتهاء من عمليات تشكيل فراغات التشطيب. وذلك باستخدام الجوانب المتعامدة دليلين . ويصب معدن منصهر مثل الرصاص ، أو أى مركب آخر فى فراغات القالب ، عن طريق



مصب مشغل بالمسكنات ، فى كل من كتلتى القالبين ، يمتد من جانبيها الخارجى إلى فراغ التشطيب. ويسبك بهذه الوسيلة مصبوب من الرصاص يكون نموذجاً للشكل فراغات القوالب. ويطبق النموذج هذا . شكل المطروق

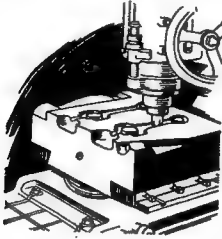
بعد تشكيله فى جميع فراغات القالب . (شكل ٨) صب الرصاص فى فراغ التشطيب ويبين (شكل ٨) عملية صب الرصاص فى فراغ التشطيب .

يراجع صانع القوالب أو المهندس المسئول عن جودة المنتج المطروق ، أبعاد مصبوب الرصاص ، للتحقق من دقته. كما يمكن أن يقوم كل من منتجى أو مستعملى المطروقات ، بفحص مصبوب الرصاص قبل الموافقة النهائية على الإنتاج. وإذا وجدت بعض الأخطاء فى الأبعاد ، تفعل فراغات أبعاد التشطيب ، حتى تطابق المواصفات الموضوعه للمطروقات من حيث الشكل . ويُستخدم النموذج المصبوب هذا ، لتقدير وزن المطروق ، وذلك بضرب مقدار وزن النموذج للمصبوب من الرصاص ، فى معامل يتوقف على نوع المعدن الذى يشكله القالب بالحداثة .

مقر الفراغات المبرئية

يبدأ فى حفر الفراغات الأخرى غير فراغات التشطيب ، بعد التأكد من مطابقة مصبوب الرصاص للمواصفات للوضوعة ، وبعد استخراج شهادة بذلك . وهذه (١٨) الماد

الشهادة دليل على أن حفر فراغات التشطيب تم حسب المطلوب. ثم تحفر هذه الفراغات الأخرى في القوالب العديدة ، التي تلزم لإجراء عمليات تشكيل المعدن على الساخن المتوالية ، مثل عمليات الحصر وتحديد الأطراف والضغط . وهي للراحل التي يمر



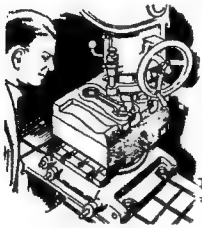
عليها المعدن ويبدأ في حالته الأولى وهو على شكل قضيب أو كتلة ، ثم عمليات الحدادة المتتالية حتى يصبح المطروق معداً لانهاء تشكيلة في فراغات التشطيب . ويتوقف عدد الفراغات المهيئة التي تحفر في كتل القوالب ، على نوع المطروق . ويمكن حفر ، الفراغات

المبدئية في كتلة قالب آخر غير التي (شكل ٩) حفر الفراغات المبدئية في كتل القوالب بها فراغات التشطيب ، وخاصة عندما تلزم مجموعتان أو أكثر من كتل القوالب لتشكيل المطروق . ويبين (شكل ٩) عملية حفر فراغات كتل القوالب للتشغيل المبدئي .

وتتوقف كمية تشغيل كتل القوالب على المسكنات ، بعد الحصول على النموذج المصنوب من الرصاص ، على عدد العمليات المبدئية ، اللازمة لتشكيل المطروق . ويختلف عدد العمليات تبعاً لدرجة تمقيد شكل المطروق . وتتوقف ترتيب تنابع عمليات الحدادة المبدئية على شكل وحجم المنتج ، وعلى الطرق الفنية المثبتة في ورشة الحدادة المهيئة .

ويحتمل أن يبقى بعض المعدن زائداً عن المطلوب لملء فراغات التشطيب ، بعد تشكيل المطروق في هذه الفراغات . وقد يبدأ هذا المعدن الزائد أو الزاغات في الظهور ، في عملية الضغط ، إلا أن معظمه يتكون في أثناء عملية التشطيب ، عندما تستخدم كل قوة المطرقة في ضرب المطرقة . ويلزم حفر مجرى حول محيط

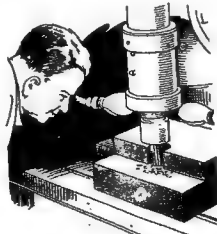
فراغ التشطيب ، ليخرج إليها المعدن الزائد . وتنتهى عمليات تشغيل قوالب المدانة بالمسكنات ، بانتهاء حفر هذا المجرى . وتحسب أبعاد هذا المجرى بحيث يترك فراغ يكفى للزخائف ، التى تقطع عند تهذيب الأطراف بواسطة قوالب تهذيب خاصة تثبت فى مكبس ميكانيكى . ويبين (شكل ١٠) عملية حفر مجرى الزخائف حول فراغات التشطيب فى القالب .



وتعاد القوالب بعد تشغيلها بالمسكنات إلى (التازجة) ، ويجرى عليها صانع القوالب عمليات يدوية إضافية ، مثل التجليخ أو التلميع لتشطيبها النهائى . كما يفحص جميع أوجه الفراغات المحفورة بعناية ، للتأكد من جودة سطوحها وخلوها من أى أجزاء غير مسطحة ، تمطل انسياب المعدن المصبوب (الدين) تحت الضغط ، أو تؤخر انسياب جميع أجزاء المعدن وهو ساخن ، لأن هذا



(شكل ١٢)
تفريخ بمخروطية المعدن فى سبيل القوالب

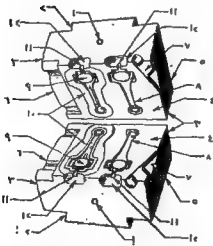


(شكل ١١)
تجليخ وتلميع نهائى لفراغات القوالب .

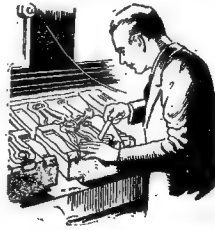
الانسياب يزيد من جودة المنتج إلى أقصى الحدود . ويبين (شكل ١١) إجراء هذه العمليات النهائية على (التازجة) .

ويبين (شكل ١٢) عملية ثقب ثقب في الساق في كل كتل القوالب ، لتسهيل تحديد وضع القوالب في مطرقة الحدادة . وبهذا تنتهى آخر عملية تشغيل تجرى على القوالب . ويمكن ثقب ثقب التحديد هذه في غالب الأحوال ، في مرحلة سابقة بعد تشغيل أسطح القوالب بالمكناات .

ويجرى غصص نهائى لإتمام العمليات المتتابة قبل تثبيت القوالب في مكبس الحدادة . وتفحص فراغات التشكيل المبدئية بدقة للتأكد من جودة تشغيل المعدن على الساخن في هذه المراحل . ويضمن إجراء عملية التشغيل على الساخن بطريقة صحيحة تطوير جودة المعدن ، وهذه الجودة ، تؤثر طبعاً في كفاية استعمال المنتج المطروق . ولا يلزم إجراء أى معاملات حرارية أخرى على القوالب ، إذ أن كتل القوالب الخام التى ترسل إلى ورشة حفر القوالب تكون قد سبق وأجريت عليها المعاملات الحرارية اللازمة . ويبين (شكل ١٣) عملية غصص كتل القوالب النهائى بعد إتمام صنعها .



(شكل ١٤)
مجموعة كتل قوالب حدادة أذرع التوصيل



(شكل ١٣)
غصص نهائى على القوالب

وبين (شكل ١٤) مجموعة من القوالب المستعملة لتشكيل ذراع توصيل .
وتتلخص عناصر مجموعة القوالب فيما يلي :

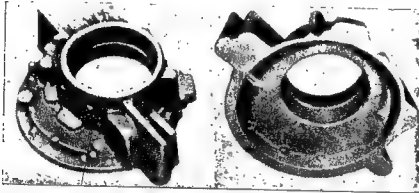
- ١ - ثقبو المقابض .
- ٢ - السيقان .
- ٣ - الجوانب المتعامدة التي تقاس منها جميع الأبعاد اللازمة لحفر الفراغات على سطح كتل القوالب .
- ٤ - أسطح كتل القوالب .
- ٥ - ثقبو التحديد (المحتفية والمتعامدة على السيقان) .
- ٦ - فراغ تحديد الأطراف .
- ٧ - فراغ الخصر .
- ٨ - فراغ الضبط .
- ٩ - فراغ التشطيب .
- ١٠ - مجرى الزعانف .
- ١١ - المصب .

١٢ - منخفض لإمساك المعدن بالقط ويمكن استخدام مثل هذه المجموعة من كتل القوالب لإنتاج الآلاف من أذرع التوصيل بالحدادة بنفس الحجم والشكل وبجودة وانتظام في بنية المعدن .

وتثبت القوالب بعد انتهاء صنعها في مطرقة متساقطة باللوح ، أو بالبخار ، بحيث يكون محور القالب العلوى على استقامة - القالب الأسفل تماما . وهذا هام جدا لتخفيض التآكل الاحتكاكي والإجهادات في القوالب - والمطارق ، إلى الحد الأدنى في أثناء عمليات الحدادة .

قوالب تشكيل من النوع المفتوح لطروقات المعادن غير الحديدية
تشغل مطروقات المعادن غير الحديدية مثل النحاس الأحمر وسبائك المختلفة ، كالنحاس الأصفر والبرنز ، وكذلك سبائك المعادن الخفيفة من الألومنيوم

والمغنسيوم، في قوالب تشكيل من النوع المقفل، بالحدادة المتساقطة، وكذلك بالحدادة بالمكائن، والحدادة بالمكابس. وتلزم لحدادة هذه المادن المختلفة درجات حرارة مختلفة كما تختلف أساليب حدادة هذه المادن والسبائك قليلا عن أساليب حدادة مطروقات الصلب. وتشبه خواص بنية مطروقات المادن غير الحديدية، التي شكلت بقوالب التشكيل من النوع المقفل، خواص مطروقات الصلب. وتبين الأشكال الآتية بعض قوالب التشكيل من النوع المقفل، التي تستعمل في حدادة جزء من محرك طائرة من سبائك الأليومنيوم. ويصنع عدد كبير من أجزاء الطائرات من سبائك الأليومنيوم، التي تمتاز بالمتانة وخفة الوزن، بأساليب الحدادة. ويبين (شكل ١٥) منظرين لمطروق منته من الأليومنيوم، وهو عبارة عن جزء من محرك طائرة.



(شكل ١٥) منظران لجزء منته من محرك طائرة مصنوع من الأليومنيوم بالحدادة

وفيا إلى وصف موجز لعمليات الحدادة المتتالية اللازمة لصنع هذا الجزء الذي يحتاج إلى قوالب من نوع خاص. وأبعاد الجزء المنتهى حوالى $(14\frac{1}{4}$ بوصة) قطرا و $(9\frac{1}{2}$ بوصة) ارتفاعا.

وتلزم لحدادة هذا الجزء ثلاث مجموعات منفصلة من قوالب التشكيل من النوع المقفل، تثبت في مطرقة متساقطة. فتقطع الخامة اللازمة لصنع هذه القطعة من الأليومنيوم، بطول يكفى لقطعة واحدة، كما هو مبين في (شكل ١٦). تسخن الخامة أولا إلى درجة حرارة الحدادة، ثم تكبس وتسطح بواسطة قوالب مسطحة.



(شكل ١٧)

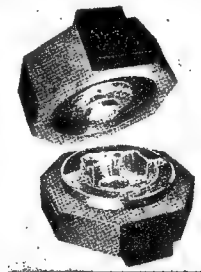
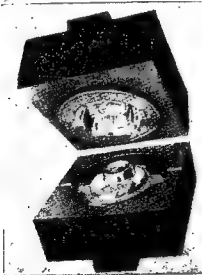
قوالب الضبط الابتدائي المستعملة في حداادة
جزء من محرك مصنوع من الألمونيوم



(شكل ١٦)

قطعة الخامة من الألمونيوم لحداادة جزء المحرك

ثم يُشكل المعدن ويوزع مبدئياً في قوالب ضبط ابتدائي ، كالبيئة في (شكل ١٧) ،
ويشكل الجزء بشكل محدد في قوالب ضبط ثابتة ، كالبيئة في (شكل ١٨) ، وينتهي



(شكل ١٩) قوالب التشطيب المستعملة في حداادة

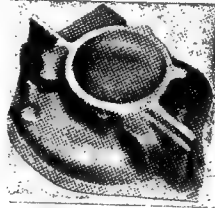
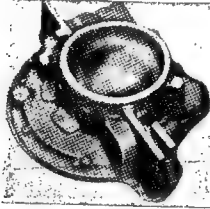
جزء من محرك ، مصنوع من الألمونيوم

(شكل ١٨) قوالب الضبط الثانية المستعملة في حداادة

جزء من محرك مصنوع من الألمونيوم

تشكيل القطعة في قوالب تشطيب كالمبينة في (شكل ١٩) .

وتُفتح عملية الضبط الأولى شكلاً خارجياً تقريباً كالملين في (شكل ٢٠) . ثم يوزع المعدن بانتظام لملء الأجزاء الدقيقة التي في فراغ القالب في عمليات التشكيل التالية . وتساعد الدورانات وللنحنيات الكبيرة التي في فجوات القالب ، على انسياب المعدن انسياباً مستمراً في هذه المرحلة ، وبذلك لا ينقطع استمرار خطوط انسياب بنية المعدن في الشكل النهائي . وتشغل القطعة إلى شكلها النهائي للملين في (شكل ٢١) عند ضغطها في قوالب الضبط الثانية ، إذ تفكك فيها السرر



(شكل ٢٠) نتائج عملية الضبط الابتدائي (شكل ٢١) نتائج عملية الضبط الثانية

والنتوءات المختلفة . ويكتمل تكوين البنية واتجاه أليافها في هذه المرحلة . وبالرجوع إلى (شكل ١٥) يرى للطروق للشطب بعد إزالة الزخائف، وثقب الثقب الكبير في أثناء عملية تهذيب الأطراف . ويحدد الطرق على قوالب التشطيب النهائي ، الشكل المُنتهى بأقل ما يمكن من تفاوت .

قوالب التشكيل وغيرها من الآلات والعدد المستعملة في الحدادة بالمسكنات أو الحرارة بالكبس

سبق أن وضعنا في (شكلي ٧٥٦) من الباب الثامن قوالب التشكيل بالحدادة ، والآلات المستعملة في مكينات الحدادة أو في الحدادة بالكبس . وصممت هذه

العدد والآلات لتشكيل ترس في مكائن الحدادة . ومن الواضح أنه تلزم لهذا النوع من الحدادة ، معرفة شاملة وخبرة باستعمال قوالب التشكيل وآلاتها ، عند رسم خطة تتابع عمليات التشكيل . فيستخدم في صنع هذا الترس قضيب مسخن من الصلب ، ويكبس كي يذفطره ، ويقصر طوله الأصلي ، ليناسب جرم وشكل المطروق المطلوب .

ويمكن تصميم قوالب التشكيل وآلات الحدادة المستعملة في الحدادة بالكبس لإجراء عمليات أخرى تختلف عن عمليات تكوين السرر والرؤوس العادية ، فيمكن استخدام قالب تشكيل يتحرك في اتجاه مستعرض ، كما يمكن استخدام آلة الرأس في الاتجاه الطولي في الضغط على المطروق في الاتجاهين في آن واحد أو بالتتابع . كما يمكن استخدام حركة القالب ، علاوة على الربط ، في عمليات الف والثني والقطع والتخريم وتهذيب الأطراف ، كما يمكن استخدام آلات الرأس المستعملة في الكبس ، في عمليات التخريم والبتق والشق وتهذيب الأطراف والثني والتشكيل الداخلي ، وغير ذلك من العمليات الأخرى ، اللازمة لتشكيل القطعة طبقاً للمواصفات .

قوالب التشكيل والآلات المستعملة في الحدادة بالكبس السريع

توضح (أشكال ١٠ و ١١ و ١٦) من الباب السابع القوالب والآلات المستعملة في هذا النوع من الحدادة ، كما توضح كذلك بعض المنتجات المطروقة بهذه الطريقة . وتستعمل في ذلك المكابس الميكانيكية والهيدرولية . إلا أن المكابس الميكانيكية أكثرها استعمالاً . وتستخدم طريقة الحدادة (بالكبس السريع) ، ضغوط عصر سريعة ، وذلك في إنتاج مطروقات من الصلب والأليومنيوم والنحاس الأحمر والنحاس الأصفر والمغنسيوم وغيرها من السبائك الممالة . وتصمم قوالب تشكيل من النوع المقلد ، لأداء التشكيل في خطوات حدادة منتجات بأطوال دقيقة وأشكال خارجية مضبوطة . وتنسق عمليات الحدادة من حيث تتابعها ، وفقاً للخبرة العملية والمعرفة الشاملة لمختلف عمليات الحدادة ، واستعمال

آلاتها ومعداتها لصنع مطروقات تطابق المواصفات . وتخرج المطروقات مضبوطة ، ولا يلزم لها إلا أقل ما يمكن من عمليات التشغيل على المكينات ، وغير ذلك من عمليات التشطيب ، إذا صممت قوالب التشكيل وآلاته تصميمًا جيدًا مما يحقق خفضًا في تكاليف الإنتاج واقتصادًا في المواد .

الآلات المستعملة في بسّ الأنابيب غير الحديدية

تقوم شركة « ريفير » للنحاس الأحمر والنحاس الأصفر بنيويورك ، ببثق أنابيب المكثفات من سبائك مناسبة ، أساسها النحاس الأحمر بالطريقة الآتية :

تستعمل مصبوبات إسطوانية مسمطة في الحدادة بهذه الطريقة ، بدلا من المصبوبات الأنبوبية . لأن عيوب السبائك في الأولى ، تقل عنها في الثانية . وتقطع هذه المصبوبات الإسطوانية المسمطة إلى أطوال قصيرة ، طول كل منها (١٠ بوصات) تقريبا ، وقطرها حوالي (٧ بوصات) . وتفحص كل الأسطح المقطوعة بدقة بعد القطع بالمنشار ، وقبل إجراء عملية البثق ، للتأكد من خلوها من أى أخطاء أو عيوب في سبائكها ، مثل فجوات أو مسام أو غير ذلك من عيوب . ويلاحظ أن عيوب السبائك هذه ، إن وجدت ، تتجمع في وسط القطعة الإسطوانية حول محورها . لذلك يزال هذا الجزء الداخلى ، الذى يحيط بالمحور على طول الإسطوانة المسمطة في أول عملية من عمليات البثق ، وبذلك يزال بما فيه من عيوب داخلية دقيقة ، قد لا تظهر بفحص المقطع بالعين المجردة . ويستخدم مكبس هيدرولى ضغطه (١٦٥٠ طنا) لبثق الأنبوبة من هذه الخامة ، وبذلك تبقى بعد عملية البثق قشرة إسطوانية تحتوى على جميع عيوب السطح ، التى قد تقع تحت السطح أو التى يحتمل وجودها فى المصبوب الأصىلى .

وبين (شكل ٢٢) (صفحة ٢٨٢ و صفحة ٢٨٣) الخطوات المختلفة المتبعة في بثق أنبوبة ، وكذلك الآلات اللازمة لإتمام العملية كما يجب . وبين (١)

وضع الكتلة داخل القابض الذى يقبض على الخامة . ويبين (ب) طريقة تثبيت الخامة فى مكانها بواسطة رأس المطرقة ، بينما تبثق الشاقة بضغط الجزء المحورى المتوسط من الخامة ، الذى يحتوى على عيوب السباكة . ويبين (ج) رأس المطرقة وهى تضغط على المعدن الذى ينساب بين الشاقة والقالب ، بينما لا يضغط سطح الكتلة الخشن ويبقى فى مكانه . ويبين (د) الجزء المبثوق المنتهى . ثم يقطع طرف الكتلة وتفصل الأنبوبة المبثوقة .

أسئلة للمراجعة

- ١ - بين أهمية تصميم قوالب الحدادة وآلاتها .
- ٢ - وضح بإيجاز خطوات العمل عند صنع قوالب تشكيل من النوع المغفل .
- ٣ - اذكر أنواع الصلب المستعملة في صنع قوالب التشكيل من النوع المغفل .
- ٤ - صف بإيجاز عمليات التشكيل المبدئية بالمكنات ، التي تجري عند صنع القوالب (مثل ثقب ثقب المقابض وكشط السيقان وكشط الأسطح وكشط الحواف المتعامدة) .
- ٥ - صف عملية حفر وتشطيب فراغات قوالب التشكيل من النوع المغفل .
- ٦ - وضح عملية تحضير النموذج المصبوب من الرصاص .
- ٧ - صف خطوات العمل للتأكد من صحة نموذج الرصاص والغرض من هذه العملية .
- ٨ - اذكر أثر النموذج المصبوب من الرصاص في حفر الفراغات المبدئية في كتل القوالب .
- ٩ - ما كمية التشغيل الإضافي بالمكنات ، اللازم بعد صنع نموذج مضبوط مصبوب من الرصاص .
- ١٠ - ما هي عمليات التشطيب التي تجري بعد تشغيل القوالب بالمكنات ؟
- ١١ - إلى أي مدى يكون الفحص النهائي قبل تثبيت القوالب في المكبس ؟
- ١٢ - اذكر عناصر كتلة القوالب المبينة في (شكل ١٤) من هذا الباب ؟
- ١٣ - تكلم عن استعمال قوالب التشكيل من النوع المغفل في إنتاج المطروقات غير الحديدية ؟

- ١٤ -- تكلم عن استعمال القوالب والآلات في الحدادة بالمكينات أو للحدادة بالكبس .
- ١٥ -- صف القوالب والآلات المستعملة في حدادة الكبس السريع .
- ١٦ -- صف الآلات المستعملة في بثق الأنابيب غير الحديدية .
- ١٧ -- صف عمليات بثق الأنابيب غير الحديدية .
- ١٨ -- صف تتابع عمليات البثق ، وكذلك الآلات اللازمة لبثق الأنابيب البينة في (شكل ٢٢) من هذا الباب .

الباب الرابع عشر

تصميم منتجات الحدادة

ما يؤخذ في الاعتبار عند تصميم المطروقات والقواب

يتقيد كل من المصمم والنتج بشروط معينة محددة ، ليتمكننا من الحصول على أقصى قيمة من المنتجات للطروقة . وبطبيعة الحال ، يُعين ويُحدد شكل وحجم الغامة الأساسية ، بنفس الطريقة المستعملة في تعيين أي جزء آخر . كما تتحدد المواصفات ، من طبيعة الوحدة أو المجمّع الذي يركب فيه الجزء المطروق بعد انتهائه . وكذلك ما يتطلبه الاستعمال من مقاومات ومطاوعات . وأخيرا يجب على المهندس للمصمم ، اعتبار أقصى مقاومات الممدن المطروق ، ليستفيد منها إلى أقصى حد ، وذلك عند اختيار أسلوب الحدادة ، لإنتاج الجزء بالشكل والحجم المطلوبين . كما يجب عليه اختيار أسهل الطرق والأساليب ، حتى يمكن تشغيل الجزء وإنهاؤه بسهولة ، وفقا للتصميم الموضوع .

ويلزم أن يكون المصمم ملما بالعوامل الأساسية التي تؤثر في عمليات الحدادة ، للإفادة من خواص المطروق الجيدة ، في وضع تصميمه من الناحية الميكانيكية . كما يجب على المصمم أو مهندس الحدادة أن يستخدم خبرته ومعلوماته في المراحل الأولى من التصميم ، وكذلك خلال جميع عمليات الإنتاج ، حتى يخرج الجزء مشغبا منتهيًا . ويمكن الإفادة إلى أقصى حد من خواص المعدن الفيزيائية ، باستخدام معلومات المصممين والمهندسين للتخصصين في التصميم والإنتاج . ويمكن تحقيق هذا دون إهمال الناحية الاقتصادية ، من حيث تكاليف عمليات الحدادة ، وكذلك

تكاليف العمليات التالية ، مثل عمليات التشغيل بالمكينات ، وللمعاملة الحرارية ، وأزواج الأجزاء وتركيبها في مجتمعاتها .

وتصنع للطروقات بمختلف الأحجام والأشكال ، كما ذكر في الأبواب السابقة . وتستخدم القوالب لإنتاج أعداد كبيرة من للطروقات . وتشغل هذه القوالب من الصلب السبائكي ، فتشكل فيها الفراغات والتشكيلات اللازمة ، ويقسم مصممو القوالب في المادة هذه الفراغات بالتساوي تقريبا بين جزئى القالب الأعلى والأسفل في مستوى واحد ، وذلك لتسهيل قطع الزعانف . وقد لا يتيسر وضع الحد الفاصل في مستوى واحد ، لضرورة تسهيل توزيع المعدن ، وتوجيه الإنسياب لتكوين ألياف البنية إنسيابيا فيكون الحد الفاصل بين جزئى القالب الأعلى والأسفل في التصميمات والأشكال الصعبة في مستويين أو أكثر ، مع مراعاة اشتراطات التصميم التى يجب توافرها في قوالب التشكيل بالحدادة ، ويسمى هذا النوع من القوالب (القوالب للتداخلة) ، ويلزمها عمليات حفر معقدة ، لأنه يجب في هذه الحالة أن يقع الحد الفاصل في أكثر من مستوى واحد لتشكيل الجزء عن طريق عيئة المعدن ، بحيث ينساب ويكون بنية بألياف انسيابية في للطروق للشطب . ويُسطب القالب وتضبط فراغات التشكيل فيه بعمليات ضبط وكشط يدوية .

مردى الرقعة (مفادير التنفلات والنساج) في تصميمات الحدادة

يجب أن يكون في المطروق استنداق في اتجاه السحب (سلبية) ، حتى يسهل إخراجها من فراغات قالب التشطيب . ولقد وجد بالخبرة العملية (أن ٧ درجات) تكفى للاستنداق (سلبية) في السطوح الخارجية (و ١٠ درجات) تناسب الاستنداق (أو السلبية) في السطوح الداخلية . وقد تتراوح هذه الزوايا فيما بين (١٥ و ١٠ درجة) تبعاً لنوع المعدن المستعمل وتصميم الجزء . وفي بعض الحالات ، تصمم المطروقات دون استنداق أو سلبية في بعض سطوح أو أجزاء (١٩) المادون

من المنتج . فإذا لم يتيسر تشكيل هذه الأجزاء دون هذا الاستدقاق (السلبية) ، فإنه يلزم إجراء عمليات تشطيب خاصة ، كعمليات ضبط الأبعاد ، لإزالة الميل أو الاستدقاق (السلبية) ، بعد الانتهاء من عملية التشكيل بالحدادة ، وذلك طبعاً بعد أن يكون قد حسب مقدار المعدن المزال في هذه العمليات في أبعاد المطروق بعد خروجه من القوالب . لذلك كله ، يجب أن تتوافر الخبرة العملية والتجربة الفنية ليتم تصميم المطروقات في إطار هذه الاحتياجات .

ويلزم أن تدار الأركان والحواف الحادة والأركان ، بما فيه الكفاية وبأكبر ما يمكن أن يسمح به التصميم ، حتى يمكن للمعدن أن ينساب ، دون عائق . هذا وتسبب الأركان والزوايا والحواف الحادة عيوباً في الحدادة . كما أنها تسبب تآكل القالب من الاحتكاك ، فتزداد تكاليف العملية . وتحتاج المطروقات التي تلزم أن تحتوى على أركان حادة ، ودورانات صغيرة مقابلة لها في القوالب ، مما يزيد في صعوبة ملء فراغات القالب . وقد تسبب طرقات الحدادة تركيزاً للإجهادات عند هذه الدورانات الصغيرة ، فيحدث عندها شقوق . ويتميز التصميم الجيد بانحناءات انسيابية طويلة ، ودورانات أركان كبيرة ، لإنتاج مطروقات سليمة اقتصادية .

ولقد شرح التفاوت القياسي للأبعاد للمستعملة في الحدادة في قوالب التشكيل من النوع للقول في الباب السادس عشر ، وجمعت « جمعية الحدادة المتساقطة بكليفلاند بولاية أوهايو » هذه المعلومات في نشرتها الخاصة .

جدوة السطح ومطالبي خاصة أخرى

تتأثر حالة سطح المطروق كثيراً بشكله ، ونوع المعدن ، وأساليب المعاملات الحرارية التي أجريت على المعدن قبل الحدادة ، وكذلك تغير حالته بتتابع عمليات الحدادة . ويجب مراعاة الدقة والعناية عند تصميم هذه القوالب لتشكيل مطروقات خاصة لها أسطح ناعمة ملمساء جداً ، كما يجب تخطيط جميع خطوات العمل تخطيطاً صحيحاً ، للحصول على النتائج المطلوبة ، كما يجب ذكر مواصفات الحدادة بوضوح تام ،

مع بيان الاشتراطات الخاصة في المطروقات ، مثل الوزن وجودة السطح ، والتوازن والاستقامة ، وتقارب مجال الصلادة ، والتفاوت في التركيب (السكياوى) ... الخ .
وإلا يعتبر في حالة عدم ذكر هذا التفاوت ، أن التسامح التجارى ، وكذلك ما تضمنه الحالات المذكورة في الباب السادس عشر ، هى ما يجب إتباعه بالنسبة للمطروق .
وكما زادت المعطيات والبيانات عن المطروقات واستخدامها ، تيسر إنتاج الجزء حسب المطلوب .

الجيوب والفجوات والأضلاع وغير ذلك من الأجزاء الرقيقة

إذا طلب صنع مطروقات فيها جيوب وفجوات ، ثم تصميم قوالب بها ارتفاعات مقابلة لتغيرات سطح شكل المطروق ، لإقلال النسياب للمعدن ، وإذا كانت هذه الأجزاء رقيقة ، قد ترتفع درجة حرارتها عند التسخين إلى درجة حرارة أعلى بكثير من باقى أجزاء القالب ، وهذا يسبب تآكلها السريع ، مما يقلل عمق الجيوب في المطروقات . ولذلك يجب تصميم الانحناءات وزوايا الاستدقاق (السلبية) بمقادير كبيرة ما أمكن ، وذلك عندما يلزم وجود الجيوب والفجوات في المطروقات ، بحيث لا يؤثر كبرها في كفاية تصميم الجزء ، وكذلك لا تؤثر في جودة تركيب الجزء في المجمع الذى سيحتويه ، حتى يقوم بما يطلب فى أثناء الاستعمال ، ويحسن ثقب الثقوب وتفرغ الفجوات الصغيرة في المطروقات بعد إتمام عملية الهدادة .

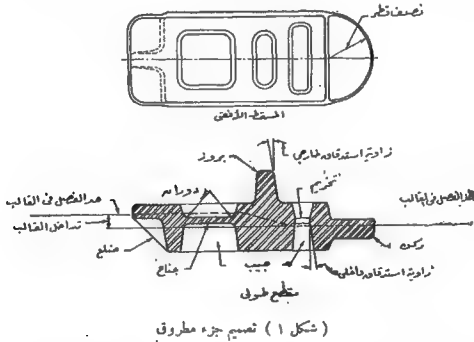
ويلزم بطبيعة الحال ، للضلع والأجنحة والأجزاء العالية الرقيقة في المطروقات ، جيوب وفجوات مقابلة رقيقة في القوالب . ويبرد المعدن الساخن بسرعة بعد ملئه بجزء من جيوب القالب ، فإذا لم ينسب المعدن انسيابا كافيا فى أثناء فترة احتفاظها بمحاريتها العالية ، لا يتم تشكيل الضلع والأجنحة في المطروق ، كما يجب تقليل ارتفاع هذه الضلع وطولها إلى أقل الحدود ، وبقدر ما يسمح به التصميم الأصلى . ويجب استعمال دورانات كاملة ، وزوايا استدقاق جانبى كبيرة كلما أمكن ذلك .

ويحتمل أن يتآكل القالب بسرعة إذا كانت الأجزاء الدقيقة موازية لمستوى

الفصل في القالب ، وذلك لسرعة انخفاض درجة حرارة المعدن في مثل هذه المواضع ، وكذلك لصعوبة حدادة القطعة إلى الحجم المطلوب ، إذا لم ينسب للمعدن البارد بسهولة في القوالب .

تصميم المطروقات

يبين (شكل ١) مثالا لتصميم مطروق من المطروقات شائعة الاستعمال . وتميز إصلاحات رسم الحدادة في المسقط الأفقي وفي المساقط الأخرى . ويلاحظ في رسم اللقطع ، أن هذا المطروق يحتاج إلى مجموعة من القوالب المتداخلة ، التي سبق



شرحها في أول هذا الباب . ويلزم استعمال القوالب المتداخلة ، في هذه الحالة ، لأن الجيبين إلى اليسار في (شكل ١) ، يفصل بينهما ضلع أو جناح في مستوى يختلف عن حد الفصل المطلوب في الجزء الأيمن من القطعة . ويستحسن بطبيعة الحال الإبقاء على حد الفصل في مستوى واحد ما أمكن ، لتجنب الحاجة إلى قوالب متداخلة عند تصميم المطروقات .

الأساسى فى اختيار عمليات الحدادة للمنتاج

لاستخدام الأجزاء المطروقة بميزات كثيرة ، ذكر بعضها بالتفصيل فى الأبواب السابقة . ومن أهم هذه الميزات خلو المطروقات الجيدة من العيوب الخفية أو الداخلية ، مما يقلل من عدد الأجزاء المعيبة ، التى ترفض أثناء الحدادة وفى أثناء أداء عمليات التشغيل التالية لها ، كما تزيد من الأمن فى استعمالها ، وترفع من كفاءتها فى أثناء الاستعمال إلى الحد الأقصى . ولاستخدام عمليات الحدادة ميزة أخرى هامة ، وهى تشغيل وإنتاج مطروقات متماثلة ، وخصوصاً عند استخدام قوالب التشكيل من النوع المقفول ، ولإمكان التحكم فى جودة التشغيل خلال العمليات المتتابة ، ابتداء من المادة الخام إلى عملية التشطيب النهائية ، ويمكن استعمال قوالب التشكيل من النوع المقفول لتصميم أجزاء أبعادها صغيرة التفاوت ، فيمكن بذلك ، الاستغناء عن التشغيل التقريبى على المكينات ، وكذلك تقل عمليات التشطيب إلى الحد الأدنى .

ويعتمد اختبار المنتجات المطروقة على عوامل أساسية أهمها : مقاومة ومتانة المطروقات بعد تشكيلها ، واختيار وسيلة الحدادة السليمة التى تخرج بها المطروقات بحالة تمكنها من مواجهة حالات استخدام عنيفة . وتفضل الحدادة لإنتاج الأجزاء . ولو زادت تكاليفها على تكاليف أساليب الإنتاج الأخرى ، إذ أن الأجزاء التى تماثل المطروقات تمام التماثل ، وتشغل بوسائل أخرى لا تكون فى انتظام المطروقات ومتانتها ومقاومتها .

اختيار المعادى التى تناسب عمليات الحدادة

إن لاختبار الخامات المناسبة لعمليات الحدادة أهمية قصوى ، وخصوصاً عند تصميم وتركيب مطروقات الحدادة . وكثيراً ما يصعب اختيار خامات مناسبة لتواجه المطالب التى يستلزمها الاستعمال . لذلك طور علم المعادن الحديث عدداً كبيراً من المعادن التى لها خواص فيزيائية متماثلة . وتستخدم عادة الاختبارات

العادية لتعيين الخواص الميكانيكية الكيماوية في هذه المعادن . فتجرى اختبارات الشد والصلادة ومقاومة الصدمات ، على قطع اختبار (عينات) ، مقطوعة في الاتجاه الطولى في أعمدة المرفق مثلا ، وتؤخذ لها صور مجهرية (متالوجرافية) بعد تحضير عيناتها بعناية ، وبعد معالجتها بمحلول يتكون من (٤ ٪ حامض نريك و ٩٦ ٪ كحول) لتظهير البنية .

وتجرى اختبارات مقاومة الكلال على بعض المواد المستعملة في الحداة ، لتعيين مدى تحملها لإجهادات الكلال . ويلزم لهذه الاختبارات أجهزة خاصة . وتؤثر إجهادات الشنى والحنى في مستوى واحد ، دون دوران في الجزء نفسه ، في أجزاء مثل أعمدة المرفق . وتستعمل أجهزة مصممة خصيصا لتسجيل نتائج الاختبار ، مثل مقاييس الانفعال وغيرها لتقدير الإجهادات في الجزء .

والمعادن الصالحة للحداة كثيرة ، وتركيباتها الكيماوية عديدة . لذلك تستخدم المعادن الحديدية والمعادن غير الحديدية وسبائكها في مطروقات الحداة . ويعتبر الصلب أهم معدن في مجموعة المعادن الحديدية ، التى تشكل بمختلف وسائل الحداة . وينتخب نوع الصلب المناسب لهذه العمليات تبعا لتركيبه الكيماوى المرفق بوساطة المعهد الأمريكى للحديد والصلب مثلا : (رقم AISI) . كما ينتخب الصلب تبعا لخواصه ، وذلك بالاطلاع على بعض المواصفات القياسية ، مثل مواصفات الجمعية الأمريكية للمعادن (ASM) ، والجمعية الأمريكية لاختبار المواد (ASTM) ، والمواصفات الأخرى . ويحوى كتاب دليل المعادن (Metals Handbook) الذى نشرته « الجمعية الأمريكية للمعادن بكيفلاند بولاية أوهايو » ، معطيات وبيانات كثيرة عن المعادن المستعملة في الحداة . ويستحسن بالرجوع إلى هذه المعطيات والبيانات ، التى فى هذا المصدر أو غيره من المصادر . وقد ذكرت فى نهاية هذا الكتاب المذكور مراجع أخرى كثيرة . ويكتفى بهذا القدر من المعلومات عن المعادن المستعملة في الحداة ، إذ أن تفصيلات هذا الموضوع تخرج عن نطاق هذا الكتاب .

أسئلة للمراجعة

- ١ - كيف يحدد الشكل والحجم الأساسى للخامة اللازمة للجزء المطروق ؟
- ٢ - وضع أثر تصميم الجزء المطلوب إنتاجه على جودة الجزء المطروق .
- ٣ - ماهى القوالب للتداخلة ؟
- ٤ - ما قيم زوايا الاستدقاق ومقادير التفاوت المستخدمة عادة فى المطروقات ؟
- ٥ - ما أبعاد الدورانات وأنصاف أقطارها التى يجب أن تكون عادة فى المطروقات ؟
- ٦ - ما العوامل التى تؤثر فى حالة سطح المطروقات ؟
- ٧ - ماهى الاحتياطات التى تتخذ فى قوالب الحدادة إذا لزم فى المطروقات وجود جيوب وجوات وأضلاع أو أجنحة وأجزاء رقيقة أخرى ؟
- ٨ - ناقش كيفية تعيين حدود الفصل فى قوالب الحدادة .
- ٩ - على أى أساس تنتخب عمليات الحدادة كوسيلة من وسائل الإنتاج ؟
- ١٠ - وضع أهمية اختيار المعدن المناسب للحدادة .
- ١١ - ماهى أنواع المعادن المستعملة فى عمليات الحدادة ؟

الباب الخامس عشر

الآمن والسلامة فى أثناء إجراء عمليات الحدادة

منع الإصابات

يجب اتخاذ احتياطات فعالة عند تنظيم المصنع ، ووضع حواجز واقية على المكنتات لحماية العمال فى أثناء أداء عمليات الحدادة ، كما يجب اتخاذ احتياطات مماثلة عند نقل المهمات والآلات المستخدمة فى مختلف عمليات الانتاج .

وترجع أسباب وقوع الحوادث مثل الحروق وما يشابهها ، إلى اتباع طرق خاطئة غير سليمة فى تناول ونقل للمعادن الساخنة . ويتسبب الإهمال عند تشغيل مطارق الحدادة ، وعند عدم توافر أجهزة الوقاية فى إصابات خطيرة ، تصيب أطراف العمال كالأذرع والأيدى والأصابع . ويعرض العمال أعينهم إلى الإصابات إذا رفعوا عنها نظارات الوقاية الخاصة ، فى أثناء تشغيل وتشكيل الأجزاء على الساخن . إذ أن احتمال وقوع الإصابات من أجزاء للمعدن الساخنة كبير ، وخصوصا فى أثناء أداء عمليات التشغيل على الساخن .

لذلك تستخدم فى أكثر للصانع الحديثة مختلف أنواع الحواجز الواقية لمنع الإصابات من جراء الأجزاء للتطيرة من المعدن فى أثناء تشغيله ، ويجب بطبيعة الحال ، إرشاد وتدريب العمال على اتخاذ الاحتياطات الضرورية ، لتجنب إصابة أنفسهم أو زملائهم وهم فى المصنع .

كما يجب تجهيز جميع المكنتات، وللمعدات والأجهزة والآلات بوسائل الوقاية الفعالة لحماية العمال من الأجزاء للتحركة فى المكنتات فى أثناء التشغيل .

كما يجب استخدام معدات نقل اللواد وتناولها، مثل حصار نقل اللواد للرفعات المتحركة وغيرها من الآليات الرافعة، مع اتخاذ الاحتياطات لسلامة العمال وحمايتهم من الإصابات، وبמיד جدا وضع علامات التحذير في مواضع ظاهرة، قرب مواطن الخطر لمنع الحوادث، كما أن لتعليق اللافتات وللصقات التي تلفت النظر أثراً كبيراً في نشر وعى الأمن والسلامة في أثناء العمل في المصانع والورش.

كما يجب أخذ الاحتياط من أضرار جميع أنواع الأعمدة العالية أو المثبتة تحت (الترج) مضاد التشغيل الرأسية منها أو المائلة. كما يلزم تغطية أجهزة القبض والتثبيت وموصلات الحركة، والأطراف البارزة من الأعمدة والخوابير والمسامير واللولبيات وغيرها من الأجزاء الأخرى البارزة في القطع الدوارة، بمحاجز واقية مناسبة. كما يجب تغطية التروس وأجهزة التوصيل الاحتكاكي، وتروس الجنازير، والجنازير نفسها، تغطية كاملة لحماية العمال منها بأي وسيلة مناسبة. كما يجب الوفاة من السيور والطناير (الطارات الدوارة)، وعجلات التوازن والحدافات، وغيرها من معدات نقل القدرات الأخرى، حتى لا يتيسر للعامل أن يتلامس معها في أثناء دورانها.

قواعد وقوانين الأمن والسلامة القومية المتبعة في الولايات المتحدة

تضامنت عدة مؤسسات إلى أقصى حدود التضامن، وبذلت جهوداً عظيمة لتوطيد اتباع وسائل الأمن والسلامة في أثناء العمل، لحماية العمال في مصانع الهدم، ضد الحوادث. وفيما يلي بعض هذه المؤسسات :

جمعية التوحيد القياسي الأمريكية، وإدارة العمل بالولايات المتحدة، ومكتب الولايات المتحدة لإحصاءات العمل، والمجلس القومي المتحد للأمن والسلامة بشيكاغو، والإدارات الاتحادية للرعاية العامة التابعة للولايات المختلفة، ووكالات نشر وعى الأمن والسلامة التابعة لشركات التأمين الكبرى. وتشمل توصيات الأمن والسلامة أقساماً عديدة من مصانع الهدم، منها قسم نقل اللواد بحصائر النقل

الميكانيكية ، وغيرها من المعدات الإضافية ، وقسم الصناعة والتشغيل بمختلف مكنات الحدادة وآلاتها ، وقسم تنظيف وتنجيز « تشطيب » المطروقات .

تدابير الأمان والسلامة

لا يتسع المجال لوصف جميع وسائل وتدابير الأمان والسلامة المستعملة في ورش الحدادة بالمصانع والمدارس وصفا مطولا ، وإنما يكتفى هنا بالإشارة إلى بعض تدابير الأمان والسلامة الواسعة الانتشار ، التي صممت لحماية العمال والأشخاص الذين يتدربون تدريبا مهنيا .

تعتبر بعض الأعمال التي تؤدي في ورش للمصانع والمدارس الفنية أعمالا يدوية ، وذلك مثل تشغيل أفران الغاز ، وتناول الأجزاء المطروقة . ويلزم أن يفهم العامل الذي تستلزم طبيعة عمله الاقتراب من للواد الخطره ، مثل الأحماض وسيانيد البوتاسيوم وسيانيد الصوديوم ، والوقود السائل ، وللمعادن الساخنة ، مبادئ وقواعد الأمان والسلام تفهيمًا جيدا ، بحيث يشعر بالمسئولية والخطورة التي يتعرض لها .

ويجب ألا تشغل أفران الغاز دون إذن ، أو دون معرفة تامة بطريقة إشعالها وتشغيلها . كما يجب قراءة إرشادات تشغيل الأفران والأكوار بعناية قبل تشغيلها . ويجب ألا تشغل الأفران إلا بحضور رئيس العمال أو المدرب المخصص لذلك إذا لزم الأمر . ويلزم وضع نظارات الوقاية ، وخاصة عند إشعال الأفران . وتوقد الأفران عادة ، بوضع ورقة مشتعلة في غرفة الاحتراق ، ثم يُفتح صمام الغاز الكبير ، مع اتخاذ جميع الاحتياطات التي تكفل إقفال جميع الصمامات الأخرى ، ثم بعد ذلك تشعل الورقة ويدخل الهواء في أثناء احتراق الورقة ، ثم يتبعه دخول الغاز في أثناء استمرار احتراق الورقة في الهواء ، ولا يصح مطلقا إدخال الغاز قبل الهواء ، وإلا حدث انفجار في الفرن . وعند إطفاء الفرن ، يجب أولا قفل صمام الغاز ، ثم يُقفل بعد ذلك صمام الهواء . كما لا يصح أن يترك الفرن حتى يسخن

إلى درجة تزيد عند اللازم . ويجب بعد انتهاء العمل ، قفل صمامات الغاز ، ثم بعد ذلك قفل الصمام الرئيسى .

ويجب وضع علامات مميزة على للمواد الساخنة ، خصوصاً إذا تركت على الأرض في أثناء نقل المطروقات من مكان لآخر ، وتستعمل ملاقط مناسبة للقبض على للعدن لمنعه من الانزلاق . ويقلل وقوع الحوادث بالعناية والاهتمام بهذه الأمور ، ويجب أن تتخذ الاحتياطات لمنع وصول الماء إلى الزيت الساخن ، أو الرصاص للنصر ، أو إلى سيانيد البوتاسيوم ، في أثناء سقى للعدن في حمامات السقية ، ولا يصح أن يسخن الزيت أكثر من اللازم تجنباً لاشتعاله . كما يلزم عدم إغفال التدريب على طرق مقاومة حرائق الزيت وإطفائها .

ويجب أن تذكر دائماً أن السيانيد مادة سامة ، لذلك يجب الحرس والعناية التامة عند نقله من مكان لآخر . كما يجب إبعاد السيانيد من جميع أنواع الأحماض ، كما يلزم أيضاً أن تلبس قفازات الواقية وبخاصة أثناء نقله . ويجب تجنب ملامسته للجروح المفتوحة أو لمواضع التهابات الجلد ، كما يجب غسل الأيدي جيداً بماء جار إذا لمس السيانيد باليد . وعاقبة الإهمال في استعمال السيانيد ، هى العمى أو الموت المحقق . ويجب تسخين السيانيد قبل وضعه في أحواضه لمنع تنافره (طرلشته) . وليس في استعمال السيانيد خوف من الحريق .

ويجب استعمال الوقود السائل بمنتهى الحذر ، ولا يصح غسل الأيدي بالبنزين أو بغيره من المواد اللامثلة ، لأنها تسبب عدوى في أصفر الجروح . ويجب ألا يستعمل البنزين إلا في تنظيف الأجزاء فقط ، وألا يستعمل مطلقاً بالقرب من لهب مكشوف ، أو في حجرة مغلقة ، أو بالقرب من سطح ساخن . ويجب الاحتراس والحذر عند استعمال حراقات البنزين ومشاعلها ، كما يجب قراءة إرشادات الاستعمال وإتباعها بدقة . كما يجب تجنب استعمال وقود المحركات الذى يحتوى على الرصاص في هذه الحراقات وللشاعل ، كما لا يصح استعمال كمية من الهواء تزيد عن المطلوب في هذه الحراقات . ويلزم حفظ البنزين في صفايح خاصة مؤمنة ، بمقادير صغيرة

بقدر الاحتياج . ولقد أجمع كل من « مجلس الأمن والسلامة القومي بشيكاغو » ، « إدارة العمل بالولايات المتحدة » ، « ومنظمات الأمن والسلامة للمهائلة » ، معطيات وبيانات مفيدة عن تدابير الأمن والسلام والاحتياطات التي يلزم اتخاذها في هذه الأحوال . ونشرت هذه المعطيات والبيانات لتكون تحت الطلب على شكل منشورات دورية مثل منشور رقم (٤٥١) « قواعد الأمن والسلامة » ، في عمليات الحدادة وعمليات تشكيل المعادن على الساخن ، بالمسك والضغط ونشرة مكتب إحصاء العمل وإدارة العمل بالولايات المتحدة .

أسئلة للبراجعة

- ١ — اذكر أهم مسببات الحوادث العادية في ورشة الحدادة .
- ٢ — بماذا يمكن منع إصابة العمال في ورشة الحدادة ؟
- ٣ — وضع مميزات استعمال معدات نقل اللواد في ورشة الحدادة .
- ٤ — وضع عمل منظمات الأمّن والسلامة القومية التابعة للولايات المتحدة بالنسبة لورشة الحدادة .
- ٥ — ماهي تدابير الأمّن الواجب اتباعها عند تشغيل أفران الغاز في ورشة الحدادة وكذلك عند نقل الوقود السائل ؟
- ٦ — ماهي تدابير الأمّن الواجب اتباعها عند نقل الأحماض ؟
- ٧ — ماهي الاحتياطات الواجب اتخاذها عند نقل الأجزاء في أثناء عمليات الحدادة ؟
- ٨ — وضع ماقدمه المجلس القومى للأمن من خدمات لحفظ الأمن في ورشة الحدادة .

الباب السادس عشر

الأساليب الفنية القياسية المتبعة للتشكيل بقوالب التشكيل

من النوع للقفل والتفاوت

مقدمة

في هذا الباب تعاريف قياسية ومواصفات عملية يقصد منها تلخيص ما ذكر في الأبواب السابقة عن الأساليب الفنية في الحدادة ، وكذلك استعراض للعمليات القياسية التي أقرتها الصناعة . وقد أقرت هذه التعاريف وهذه المواصفات ، جمعية الحدادة للتساقطة ونشرتها في كتابها (الأساليب الفنية القياسية للستعملة في التشكيل بقوالب الحدادة والتفاوت فيها) . ونسرد هنا بعد موافقة أصحاب حقوق الطبع والنشر ، مع العلم بأن الأساليب الفنية والتفاوتات المذكورة خاصة بالمطروقات التي يقل وزنها عن (١٠٠ رطل) .

الأساليب الفنية

التعريف

المطروق هو الناتج بعد تشغيل المعدن اللدين (العجيني) ، بتشكيله إلى الشكل المطلوب بالضغط . وتشكل للمطروقات الحديثة للمائة في قوالب في المطارق المتساقطة أو في مكينات الحدادة أو مكابسها . وتطرق مطرقة الحدادة طرقات ضاغطة متقطعة ، بينما يولد كل من مكينة الحدادة ومكبسها ضغط عاصر . بينما يمكن تشكيل بعض معادن الحدادة ، ومنها بعض أنواع الصلب على البارد ، تشكل معظم المعادن بالحدادة على الساخن .

المميزات

أهم مميزات المطروقات هي ما في بنيتها للتليفة للتينة . وتتولد هذه البنية باستطالة حبيبات الشبق المصبوب الأصلية ، في مكانة الدرفلة في أثناء درفلة القضبان المعدة للحدادة ، ويستمر تضاد الحبيبات في أثناء عمليات الحدادة . والبنية للتليفة الكثيفة خواص تظهر في المطروقات ، لا يمكن الحصول عليها في المعدن إذا ضغطت هذه المعدن بأي وسيلة أخرى . ويمكن التحكم في اتجاه هذه الألياف أو (الانسياب الحبيبي) الذي ينشأ في المطروقات ، بحيث يزيد للتانة في المواضع المطلوبة في المطروق .

والخواص للميزة في المطروقات هي :

- ١ — بنية منتظمة خالية من الفجوات والبخبة والسامية .
- ٢ — مقاومة كبيرة لكل وحدة من وحدات مساحة المقطع تحت تأثير الأحوال الإستاتية ، وكذلك مقاومة عالية للصدمات والإجهادات المفاجئة .
- ٣ — تشغيلية ممتازة عالية بالمسكنات . ويمكن القطع بها بسرعات قطع عالية ، وذلك للانتظام بنية المطروقات كما تزيد حياة حد القطع في عدده ، ولا يلزمه عندئذ إلا سن وشحذ أقل من المعتاد ، لأن المعدن المقطوع خال من الشوائب ، ويقل فيه النالف المرفوض من عمليات التشغيل بالمسكنات لتجانس المعدن المشغل .

مطروقات قوالب التشكيل

تشكل مطروقات قوالب التشكيل باستعمال قوالب تشكيل والآلات اللازمة لإنتاج أجزاء مماثلة تمام التماثل بكميات كبيرة ، تغطي تكاليف صنع القوالب وآلات التشكيل . وتستعمل قوالب تشغيل بسيطة لإنتاج المطروقات بقوالب مكون كل منها من جزئين ، وتستعمل عادة مجموعات من القوالب لتشكيل الأجزاء المعقدة بالانسياب مستمر في بنيتها .

- ١ - تصنع المطروقات بالتساقط في المطارق المتساقطة أو المكاس التي تستخدم القوالب ذات الجزأين التي بها فراغات للتشكيل ، على خطوات .
- ٢ - وتشكل للمطروقات للكبوسة عادة في مكينات حدادة بها مجموعة من القوالب ، تقبض على الجام في أثناء خطوات التشكيل ، وبها أيضاً رأس لضغط للمدن وإدخاله في فراغات القالب .

المعادن التي تصلح للحدادة

المعادن التي تصلح للحدادة ، ولا يحصى منها الحديدية وغير الحديدية عددها وجيز . (وفي كتب الحدادة وعلم الفلزات شرح واف لوسائل معاملة المعادن التي تصلح للحدادة ، وكذلك شرح خواصها) ، وفيما يلي تبويب عام لهذه المعادن .

١ - أنواع الصلب الكربوني .

- (أ) صلب منخفض الكربون : يحتوي على مالا يزيد عن (٠.٢٥ ٪) ويصلح للمطروقات العادية ، وللاجزاء التي تلزم كربنتها (تغليفها) لتقاوم التأكل .
- (ب) صلب متوسط الكربون : يحتوي على كربون بنسبة مئوية فيما بين (٠.٣ ٪ إلى ٠.٥ ٪) ويصلح للمطروقات التي تتعرض للاستعمال العنيف . وتعامل عادة بمعاملات للمعاملة الحرارية .

(ح) صاب عالي الكربون : ويحتوي على كربون نسبته المئوية أعلى من (٠.٥ ٪) ويصلح للمطروقات التي يلزم فيها أسطح صلبة ، كما تصلح لصنع اليايات والمبلكات ويلزم أن يعامل بمعاملات للمعاملة الحرارية .

- ٢ - أنواع الصلب السبائكي : يضاف عليها (منجنيز نيكل) . و (نيكل كروم) و (موليبدنيوم) و (كروم) أو (فانديوم) و (كروم) أو (موليبدنيوم وتنجستن) و (سليكون منجنيز) . وأنواع الصلب هذه

عبارة عن سبائك من الصلب الكربوني، يحتوى على عنصر أو أكثر من العناصر الأخرى الإضافية . وتستعمل مطروقات مصنوعة من هذه الأنواع من الصلب ، عندما تطلب منها متانة أو تحمل عال ... الخ . ويتوقف اختيار التركيب الكيماوى المناسب ، وكذلك نوع للعاملة الحرارية المناسبة ، على الاستعمال وما يتعرض له الجزء ، فى حدود خبرة ومعرفة علماء الفلزات بالاستشارة للتبادلة بينهم وبين مهندسى الحدادة .

٣ - أنواع الصلب التى تصمد للتآكل وللحرارة ، والتى لانصدأ : أنواع هذا الصلب للمستعمل عادة للصمود للتآكل والحرارة والصدأ من أنواع الصلب السبائكى الجديد ، وبها نسبة عالية من الكروم أو النيكل أو كليهما ويتحدد التركيب الكيماوى المناسب بمقدار الصمود للتآكل . وتلصق أسطح المطروقات عادة للحصول على أكبر مقاومة للتآكل .

٤ - الحديد : تستعمل مطروقات الحديد المطاوع أو حديد الشبكات فى المطروقات التى يازم فيها عمولية عالية . للحديد المطاوع مقاومة متوسطة للتآكل . وتنتمى مجموعة الحديد الذى يحتوى بعض النحاس الأحمر والصلب منخفض الكربون إلى هذا النوع .

٥ - أنواع النحاس الأحمر والنحاس الأصفر والبرز : وتصلح المطروقات من النحاس الأحمر ، لاستعمالات كثيرة فى مجال الكهربيات ، ولسبائك النحاس الأحمر والنحاس الأصفر مقاومة متوسطة للتآكل ، كما أن لبعض أنواع البرز ، مقاومة عالية نسبيا ، ويصلح لمرتكزات الدوران وكرامى المحاور .

٦ - سبائك النيكل والنحاس الأحمر والنيكل : يمكن تشكيل النيكل الخالص بالحدادة . ولسبيكة النيكل والنحاس الأحمر المعروفة باسم «معدن موزيل» مجموعة من الخواص الجيدة مثل المقاومة والمتانة والصمود للتآكل .

٧ - السبائك الخفيفة (الأليومنيوم والمغنسيوم) تزن السبائك الخفيفة

حوالى ثلث وزن الصلب لنفس الحجم ، وقد طورت بعض أنواعه حتى بلغت مقاومتها مبلغ مقاومة الصلب منخفض الكربون تقريبا ، وفي مجموعتي الأليومنيوم والمنسيوم مبادئ قابلة للحدادة .

المساليب الفنية في الحدادة التجارية القياسية :

تباع المطروقات المصنوعة في قوالب التشكيل من النوع المفتوح ، « بالقطعة » لا « بالوزن » . من المفهوم أن زعانف المطروقات تزال بعملية تهذيب الأطراف ، وأن المطروقات تكون خالية من العيوب الضارة ، دون الحاجة لذكر ذلك صراحة .
١ - الكمية : يسمح بتفاوت في الكمية الممنونة في نطاق حدود قياسية فيما بين النقص والزيادة .

٢ - الحجم : تورد المطروقات في حدود التفاوت الحجمى القياسى إلا إذا نص على تفاوت أقل .

٣ - عملية تحديد الأبعاد : يمكن أن يكون التفاوت صغيرا إذا أجريت عمليات إضافية لتحديد الأبعاد على الساخن أو على البارد حسب مقتضيات الأحوال .

٤ - جودة السطح : تورد المطروقات عادة، وإن لم يكن ذلك دائما ، نظيفة ، وذلك بتنظيفها في البراميل الدوارة ، أو بنقعها في محاليل وحوامض التنظيف ، أو برشها بالرمل أو غيره .

٥ - الاشتراطات الخاصة : يجب ذكر الاشتراطات الخاصة ، مثل نوع عمليات المعاملة الحرارية أو الاختبارات الخاصة بوضوح تام .

٦ - قوالب التشكيل : تستخدم قوالب وآلات التشكيل خاصة لإنتاج مطروقات القوالب . وتشمل تكاليف القوالب والآلات الأصلية ، تكاليف صيانتها، ولكن تزيد تكاليف استبدالها بعض تكاليف إضافية .

مقادير التفاوت

توصف مقادير التفاوت بأنها إما « خاصة » أو « عادية ». ومقادير التفاوت الخاصة ، هي التي تذكر على وجه التحديد في المواصفات . ويمكن ذكر جميع مقادير التفاوت أو بعضها بأي طريقة تناسب الحالة . وتنطبق مقادير التفاوت « الخاصة » على البعد المعين أو الجزء المذكور . وتطبق مقادير التفاوت « العادية » في جميع الحالات التي لا ينص فيها على مقادير تفاوت « خاصة » .

وتنقسم مقادير التفاوت العادية قسمين : « مواصفات تجارية » و « مواصفات دقيقة » . وتستخدم مقادير التفاوت التي « بالمواصفات التجارية » لأعمال الحدادة العادية . ويمكن النص على مقادير التفاوت « في المواصفات الدقيقة » عندما أوجبنا تطلب منتجات دقيقة الأبعاد تلزمها عناية خاصة ، وتكاليفها عالية . ويمكن النص بلزوم « المواصفات الدقيقة » في حالة أو أكثر من حالات درجات الدقة الآلية . وتطبق « المواصفات التجارية » إذا لم ينص على مواصفات معينة .

درجات التفاوت (الرقم)

تطبق التفاوتات العادية على الأبواب الآتية :

١ - السمك (التخانة) .

٢ - العرض .

(١) الانكماش وتآكل القالب .

(ب) انحراف الشكل .

(ح) الحجم بعد تهذيب الأطراف .

٣ - زاوية الاستدقاق « السلبية » .

٤ - الكية .

٥ - الدورانات والأركان .

الباب رقم (١) مفاهيم تفاوت السمك (التفاوت)

يطبق التفاوت في السمك على ممك (تخانة) المطروق الكلى . كما تطبق على مطروقات المطارق المتساوقة بالنسبة إلى السمك (التخانه) في الاتجاه العمودى لحد الفصل الرئيسى فى القوالب . كما تطبق فى مطروقات الكبس ، بالنسبة إلى السمك فى الاتجاه الموازى لحركة رأس الطرق . ولا يكون ذلك إلا بالنسبة للأبعاد المحيطية التى تولدها القوالب .

جدول رقم (٥)

مقادير تفاوت السمك (التخانة) « بالبوصة »

دقيقة		تجارية		إلى هذه الأوزان بالرطل
(+)	(-)	(+)	(-)	
٠,٠١٢	٠,٠٠٤	٠,٠٢٤	٠,٠٠٨	٠,٢
٠,٠١٥	٠,٠٠٥	٠,٠٢٧	٠,٠٠٩	٠,٤
٠,٠١٥	٠,٠٠٥	٠,٠٣٠	٠,٠١٠	٠,٦
٠,٠١٨	٠,٠٠٦	٠,٠٣٣	٠,٠١١	٠,٨
٠,٠١٨	٠,٠٠٦	٠,٠٣٦	٠,٠١٢	١,٠
٠,٠٢٤	٠,٠٠٨	٠,٠٤٥	٠,٠١٥	٢,٠
٠,٠٢٧	٠,٠٠٩	٠,٠٥١	٠,٠١٧	٣,٠
٠,٠٢٧	٠,٠٠٩	٠,٠٥٤	٠,٠١٨	٤,٠
٠,٠٣٠	٠,٠١٠	٠,٠٥٧	٠,٠١٩	٥,٠
٠,٠٣٣	٠,٠١١	٠,٠٦٦	٠,٠٢٢	١٠,٠
٠,٠٣٩	٠,٠١٣	٠,٠٧٨	٠,٠٢٦	٢٠,٠
٠,٠٤٥	٠,٠١٥	٠,٠٩٠	٠,٠٣٠	٣٠,٠
٠,٠٥١	٠,٠١٧	٠,١٠٢	٠,٠٣٤	٤٠,٠
٠,٠٥٧	٠,٠١٩	٠,١١٤	٠,٠٣٨	٥٠,٠
٠,٠٦٣	٠,٠٢١	٠,١٢٦	٠,٠٤٢	٦٠,٠
٠,٠٦٩	٠,٠٢٣	٠,١٣٨	٠,٠٤٦	٧٠,٠
٠,٠٧٥	٠,٠٢٥	٠,١٥٠	٠,٠٥٠	٨٠,٠
٠,٠٨١	٠,٠٢٧	٠,١٦٢	٠,٠٥٤	٩٠,٠
٠,٠٨٧	٠,٠٢٩	٠,١٧٤	٠,٠٥٨	١٠٠,٠

الباب رقم (٢) مقادير تفاوت العرض والطول

مقادير تفاوت العرض والطول متساوية ، وتطبق على عرض أو طول المطروق .
وتطبق في مطروقات للمطارق المتساوية بالنسبة للعرض أو الطول في الاتجاه الموازى
للحد الفاصل الرئيسى في القوالب ، ولكن لا تكون إلا بالنسبة للأبعاد المحيطة
التي تشكلها القوالب . وتطبق في مطروقات الكبس بالنسبة للعرض أو الطول
في الاتجاه العمودى لحركة رأس الطرق .

وتنقسم مقادير تفاوت العرض والطول ثلاثة أقسام .

الباب رقم (٢) ١ . مقادير تفاوت الانكماش وتآكل القوالب

الباب رقم (٢) ب . مقادير التفاوتات

الباب رقم (٢) ج . مقادير تفاوت الحجم بعد ترتيب الأطراف

الباب رقم (٢) ١ . مقادير تفاوت الانكماش وتآكل القوالب

تستخدم تفاوتات الانكماش وتآكل القوالب بالنسبة لجزء المطروق المشكل
بقالب واحد . ولا تطبق على بُعد يتعدى حد الفصل . وهى عبارة عن مجموع
مقادير تفاوت الانكماش ومقادير تفاوت تآكل القوالب المبينة في جدول
رقم (٦) . ولا تطبق مقادير تفاوت الانكماش ومقادير تفاوت تآكل القوالب
كل على حدة فلا يحسب إلا مجموع مقدارى التفاوت في كل منها . ولا تطبق
لتشمل الاستدقاق (السلبية) أو التبادلية .

الباب رقم (٢) ب) مقادير تفاوت انحراف الشكل

وانحراف الشكل هو مقدار تحرك نقطة في جزء المطروق للشكل في أحد
جزئى القالب ، بالنسبة لوضعه الصحيح في الجزء للمطروق المشكل في جزء القالب

الآخر . ولا يشمل هذا الانحراف أى تحرك يسببه تغير صممك أو تخانة المطروق ، وإنما يقدر الانحراف بمقدار التحرك فى المستوى للوازى لحد الفصل الرئيسى فى القوالب . ومقادير تفاوت الانحراف فى الشكل مستقلة عن مقادير التفاوت الأخرى .

جدول رقم (٦) مقادير انكماش وتآكل القوالب

انكماش		زائده		تآكل القالب	
إلى الطول والعرض المبنية بالبوصة	تجارية	دقيقة	إلى الأوزان المبنية بالرطل	تجارية	دقيقة
(+) (-)	(+) (-)	(+) (-)	(+) (-)	(+) (-)	(+) (-)
١	٠.٠٠٣	٠.٠٠٢	١	٠.٠٣٢	٠.٠١٦
٢	٠.٠٠٦	٠.٠٠٤	٣	٠.٠٣٥	٠.٠١٨
٣	٠.٠٠٩	٠.٠٠٥	٥	٠.٠٣٨	٠.٠١٩
٤	٠.٠١٢	٠.٠٠٦	٧	٠.٠٤١	٠.٠٢١
٥	٠.٠١٥	٠.٠٠٨	٩	٠.٠٤٤	٠.٠٢٢
٦	٠.٠١٨	٠.٠٠٩	١١	٠.٠٤٧	٠.٠٢٤
لكل بوصة أو أكثر يضاف	٠.٠٠٣	٠.٠٠١٥	لكل رطلين أو أكثر يضاف	٠.٠٠٣	٠.٠٠١٥
١٢	٠.٠٣٦	٠.٠١٨	٢١	٠.٠٦٢	٠.٠٣١
١٨	٠.٠٥٤	٠.٠٢٧	٣١	٠.٠٧٧	٠.٠٣٩
٢٤	٠.٠٧٢	٠.٠٣٦	٤١	٠.٠٩٢	٠.٠٤٦
٣٦	٠.١٠٨	٠.٠٥٤	٥١	٠.١٠٧	٠.٠٥٤

جدول رقم (٧) مقادير تفاوت انحراف الشكل (بالبوصة)

دقيقة	تجارية	إلى الأوزان الميتة (بالرطل)
٠,٠١٠	٠,٠١٥	١
٠,٠١٢	٠,٠١٨	٧
٠,٠١٤	٠,٠٢١	١٣
٠,٠١٦	٠,٠٢٤	١٩
٠,٠٠٢	٠,٠٠٣	لكل ٦ أرطال أو أكثر يضاف
٠,٠٢٢	٠,٠٣٣	٣٧
٠,٠٢٨	٠,٠٤٢	٥٥
٠,٠٣٦	٠,٠٥٤	٧٩
٠,٠٤٢	٠,٠٦٣	٩٧

الباب رقم (٢ ج) مقادير تفاوت الحجم بعد تهذيب الأطراف
لا يصح أن يكون الحجم بعد تهذيب أطرافه أكبر من ، أو أقل من ، حدود
التغير في الأبعاد عند حد الفصل ، الذي تؤثر عليه مقادير التفاوت في زوايا
الاستدقاق (السلبية) وكذلك في مقادير تفاوت الانكماش وتساكل القوالب .

الباب رقم (٣) مقادير التفاوت في زوايا الاستدقاق السلبية
مقادير التفاوت في زوايا الاستدقاق هي التغير للسماح به في زاوية الاستدقاق
القياسية أو الاسمية .

جدول رقم (٨) مقادير التفاوت في زوايا الاستدقاق (السلبية)
في مطروقات الحدادة للتساقطة مقدرة (بالدرجات)

الزاوية الاسمية	التجارية الحد الأقصى	الدقيقة الحد الأقصى	
٥٧	٥١٠	٥٨	الخارجي
٥١٠	٥١٣	—	التقوب الداخلية والفجوات
٥٧	—	٥٨	الحدود التجارية
			الحدود الدقيقة

جدول رقم (٩)
مقادير التفاوت في زوايا الاستدقاق (السلبية) في مطروقات الكبس

الاستدقاق	الزاوية الاسمية	التجارية الحد الأقصى	الدقيقة الحد الأقصى
الخارجي	٣	٥	٤
التقوب الداخلية والفجوات	٥	٨	٧

الباب رقم (٤) مقادير التفاوت في الكميات

مقادير التفاوت في الكمية ، وهي الانحراف ناحية الزيادة ، أو ناحية النقص ،
للمسوح به في الكمية عند توريد كل أجزء من الكمية للذكورة في أمر التوريد .
ويعتبر توريد كمية في حدود الكمية الزائدة أو الناقصة للمسوح بها منفذا لأمر
التوريد . ومقادير التفاوت التجارية وكذلك مقادير التفاوت الدقيقة متساوية
في كلتا الحالتين .

جدول رقم (١٠) مقادير تفاوت السكبة

السكبة الخاصة	السكبة الزائدة	عدد الأجزاء المذكورة في أسس التوريد
عدد الأجزاء	عدد الأجزاء	
صفر	١	١ — ٢
١	٢	٢ — ٥
١	٣	٦ — ١٩
٢	٤	٢٠ — ٢٩
٢	٥	٣٠ — ٣٩
٣	٦	٤٠ — ٤٩
٣	٧	٥٠ — ٥٩
٤	٨	٦٠ — ٦٩
٤	٩	٧٠ — ٧٩
٥	١٠	٨٠ — ٩٩
النسبة المئوية	النسبة المئوية	
٥,٠	١٠	١٠٠ — ١٩٩
٤,٥	٩	٢٠٠ — ٢٩٩
٤,٠	٨	٣٠٠ — ٥٩٩
٣,٥	٧	٦٠٠ — ١٢٤٩
النسبة المئوية	النسبة المئوية	
١,٣,١	٠,٦	١٢٥٠ — ٢٩٩٩
٠,٢,٥	٠,٥	٣٠٠٠ — ٩٩٩٩
٠,٧,٠	٠,٤	١٠٠٠٠ — ٣٩٩٩٩
٠,٠,٥	٠,٣	٤٠٠٠٠ — ٢٩٩٩٩٩
٠,١,٠	٠,٢	١ إلى ٣٠٠٠٠٠

الباب رقم (٥) مقادير التفاوت في الدورانات والأركان

تطبق مقادير التفاوت في الدورانات والأركان في جميع حالات الأسطح للتقاطعة ، حتى إذا كانت الرسومات ، أو النماذج تبين أركاناً حادة ، إلا إذا كانت هذه الرسومات . . أو النماذج تبين الدورانات (حتى إذا لم تعين الأبعاد الحقيقية) وتعين أركان بمقاسات أنصاف أقطارها أكبر من للمقاسات القياسية التالية ، وتمتبر في هذه الحالة هذه للمقاسات للبيئة الكبيرة ، هي المقاسات المطلوبة ، وتكون مقادير التفاوت « مقادير تفاوت خاصة » .

تطبق مقادير تفاوت الدورانات في الأركان والحواف الداخلية في جميع الحالات التي تتقاطع فيها الأسطح بزاوية تقل عن (١٨٠°) .

وتطبق مقادير تفاوت الزوايا والحواف الخارجية في جميع الحالات التي تتقاطع فيها الأسطح بزاوية من (١٨٠°) .

وعند تطبيق مقادير تفاوت الأركان في حالة تقاطع سطحين مستدقين (مساويين) ، يقدر التفاوت عند النهايات الضيقة لهذا التقاطع ، ويزيد نصف القطر في اتجاه النهاية السميكة . ويكون مجموع الزيادة في نصف القطر ، مساوياً لطول السطح (للمستدق المسلوب) بالبوصة ، مضروباً في المقاس لزاوية المسلوب الاسمية . وتكون أنصاف أقطار الدورانات أو الأركان أى قيمة لا تزيد عن القيم المبينة في جدول رقم (١١) .

حد الأوزان مقدر (بالمثل)	تجارية	دقيقة
٠,٣	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$
١,٠	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
٣,٠	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$
١٠,٠	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
٣٠,٠	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$
١٠٠,٠	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$

المراجع

الكتب

The A B C's of Aluminum. Louisville, Ky.: Reynolds Metals Co., 1950.

Alcoa Aluminum Impact Extrusions. Pittsburgh: Aluminum Co. of America, 1948.

Alcoa Aluminum and Its Alloys. Pittsburgh: Aluminum Co. of America, 1947.

Cleaning Problems Solved in the Heat-Treating and Forging Industry. Mishawaka, Ind.: American Wheelabrator & Equipment Corp., 1947.

Delaware Controlled-Atmosphere Furnaces. Wilmington, Del.: Delaware Tool Steel Corp., 1945.

Designing with Aluminaum Extrusions. Louisville, Ky.: Reynolds Metals Co., 1949.

Die Blocks and Forgings. Chicago: A. Finkl & Sons Co.

Drop Forging Topics. Cleveland: Drop Forging Assn., 1947—48—49—50.

Fabrication of Lukens Glad Steels. Coatesville, Pa.: Lukens Steel Co., 1948.

Handbook of Welded Steel Tubing. Cleveland: Formed Steel Tube Institute, 1941.

Impact Die Forging (Pub. No. 4401—0). Chambersburg, Pa.: Chambersburg Engineering Co.

The Improvement of Metals by Forging. Cleveland: The Steel Improvement & Forge Co., 1944.

Induction Heating (Bull. 22—10 M—47) Cleveland: Tocco Division, The Ohio Crankshaft Co., 1947.

Johnson, C. G. Metallurgy (3d ed.) Chicago: American Technical Society, 1947.

Johnson, S., and Warby, J. Drop Forging Practice, 1937.

The Making, Shaping, and Treating of Steel (5th ed.) Pittsburgh: Carnegie-Illinois Steel Corp., 1941.

Manual of Open-Die Forgings. New York: Open-Die Forging Industry.

The Manufacture of Steel Tubular Products. Pittsburgh: The National Tube Co., 1944.

Metal Handbook. Cleveland: American Society for Metals, 1948.

Metal Progress. Cleveland: American Society for Metals, 1950.

Metal Quality. Cleveland: Drop Forging Assn., 1949.

Naujoka, W., and Fabel, D. C. Forging Handbook. American Society for Metals, 1939.

Pearson, C. E. The Extrusion of Metals. New York: John Wiley and Sons, Inc., 1944.

Rolled and Forged Circular Products. Bethlehem, Pa.: Bethlehem Steel Co., 1946.

Rusinoff, S. E. Manufacturing Processes — Materials. Chicago: American Technical Society, 1949.

Rusinoff, S. E. Manufacturing Processes—Production: Chicago: American Technical Society, 1949.

Shot Peening. Mishawaka, Ind.: American Wheelabrator & Equipment Corp., 1947.

Teichert, E. J. The Manufacture and Fabrication of Steel, Vol. II. 1944.

Tool Engineering Handbook. New York: McGraw-Hill Book Co., 1949.

Tool-Steel Simplified. Reading, Pa.: The Carpenter Steel Co., 1948.

Tool-Steel Treaters' Guide. Bethlehem, Pa.: Bethlehem Steel Co., 1942.

Welding Handbook. American Welding Society, 1942.

The Working of Metals. Cleveland: American Society for Metals, 1937.

المقالات

•British Report on Drop Forging, • Journal of Metals (Nov., 1950), p. 1311 C.

"Design of Forgings - Reference Data," American Machinist (Aug. 21, 1950), p. 139.

Favre, A. E., and Drazeur, A. J. • Aluminum Die Forging Design for Quality and Economical Production, • Production Engineering (Aug. 1950), pp. 140—144.

•How Cleveland Pneumatic Heat •Treats Landing Gear Forgings, • Steel (Aug. 14, 1950), p. 102.

Maltz, J. and De Pierre, V. • Hot Forging of Commercial Titanium, • Metal Progress (Aug., 1950) pp. 189—191.

•Roll-Edging Forging Blanks Saves Steel, •Steel (Oct. 30, 1950), p. 61.

Sloan, J. J., and Denny, K. R. •Designing Low-Cost-Forgings, • Machine Design (Sept. 1950), pp. 154 — 156.

Sloan, J. J., and Denny, K. R. • Determining Practical Forging Cost, •Machine Design (Sept., 1950) pp. 151, 152

Spencer, L. F. • Forging Economies Through Die Design, • Iron Age. Part I (Sept. 7, 1950), pp. 99—103; Part II (Sept. 14, 1950), pp. 89—91.

Sutton, J. Bartlet, Gee, Edwin A., and De Long, William B. •Casting and Forging of Titanium, • Metal Progress (Oct., 1950), p. 716.

الكتالوجات

- A. Finkl & Sons Co., Chicago, Ill.
- The Ajax Manufacturing Co., Cleveland, Ohio.
- Atlas Drop Forge Co., Lansing, Mich.
- Bethlehem Steel Co., Bethlehem, Pa.
- The Billings & Spencer Co., Hartford, Conn.
- Carnegie - Illinois Steel Corp., Pittsburgh Pa.
- C. C. Bradley & Son, Inc., Syracuse, N. Y.
- Chambersburg Engineering Co., Chambersburg, Pa.
- Dominion Forge & Stamping Co., Ltd., Walkerville, Ont.
- Erie Foundry Co., Erie, Pa.
- Heppenstall Co., Pittsburgh, Pa.
- Jones & Laughlin Corp., Pittsburgh, Pa.
- Kropp Forge Co., Chicago, Ill.
- The National Machinery Co., Tiffin, Ohio
- The Steel Improvement & Forge Co., Cleveland, Ohio
- Wyman - Gordon Co., Harvey, Ill.

مجموعة من المصطلحات الفنية المستعملة في الحدادة

— A —

الصلب الشاذ : Abnormal steel

هو الصلب الذى لا يكون غلظا منتظم الصلادة بعد تغليفة أو كرينته .

الصلب الحامضى : Acid steel

صلب من أى نوع تعرض لتفاعل حامضى فى أثناء صهره مع بطانة القاع مثلا أو خبث الفرن .

التزمين أو التعمير : Aging

التغير المفاجئ فى خواص للمعدن الذى يحدث عند درجات الحرارة المنخفضة نسبياً بعد عملية المعاملة الحرارية النهائية أو بعد عملية التشغيل على البارد النهائية .
ويتمجه نحو التعمير إلى استعادة استقرار حقيقى فى المعدن وفى أبعاده من أى حالة غير مستقرة بسبب عملية سابقة .

صلب يتصلد فى الهواء : Air — hardening steel

صلب لا يحتاج للسقية فى سائل بعد تسخينه إلى درجة حرارة عالية لغرض تصلبه وتقسيته ، بل يتصلد بتبريده فى الهواء من درجة حرارة أعلى من حد الانطلاق الحرج .

السبكة : Alloy

مادة فلزية (معدنية) تتركب من عنصرين أو أكثر يتناوب بعضها فى بعض تناوبا تاما أو غير تام وهى فى حالة السيولة .

الصلب السبائكى : Alloy steel

صلب يحوى علاوة على الحديد والكربون والنجيز ، وهى العناصر العادية ، وعلى عنصر أو أكثر ، بكمية تكفى لتوليد خواص إضافية مرغوب فيها ولا تعتبر (٢١) المادن

كميات العناصر الصغيرة والشوائب مثل الكبريت والسليكون والفوسفور والألمنيوم للوجود عادة في أى نوع من أنواع الصلب من عناصر السبيكة . وإذا أضيف للنجنيز بكمية مناسبة إلى الصلب يعتبر الصلب (صلب سبائكي) .

التخمير : Annealing

تسخن الصلب إلى درجة حرارة أعلى من نطاقه الحرج ثم إبقاؤه عند هذه الدرجة لمدة تكفى لتسخينه كله ، ثم تبريده بعد ذلك . ويمكن تبريد الصلب ببطء في الأفران أو بدفنه في رماد جاف أو جير ، فتزيل هذه العملية الإجهادات الناتجة من التشغيل ويصبح الصلب لنا بعد التخمير .

السندان : Anvil

كتلة الحديد أو الصلب التى يوضع عليها المعدن لطرقه عند التشغيل بالحدادة .

غطاء أاد السندان : Anvil capor sow Plock

كتلة من الصلب للصلد (للقمى) توضع بين السندان وقالب الحدادة لتقليل التأكل على السندان .

الصلب الأوستينيتى : Austenitic steel

صلب يحتوى عل عناصر سبائكية تولد فيه بنية بلورية أو أوستينيتية تجعله غير مغناطيسى عند درجة الحرارة العادية .

العمليات الإضافية : Auxiliary operaiond

عمليات إضافيه تحمى على الظروف لتشكيلها وتكوين سطوح لها وتولد خواص فيها ، لا يحصل عليها في عمليات الحدادة العادية .

— B —

الصلب القاعدى : Basis steel

صلب يصنع بأى وسيلة صهر في أفران لها بطانة قاعدية أو يكون الخبث للتولد عن صهره تفاعلة قاعدى .

Bender

النهاية :

موضع في القالب يشكل فيه المعدن بحيث يكون محور التشكيل الطول في مسترين أو أكثر .

Bessemer steel

صلب « بيسر » :

صلب مصنوع بطريقة « بيسر » وذلك بضغط الهواء وإمراره خلال حديد خام منصهر في إناء مناسب .

Billet

شبق أو كتلة معدنية :

شبق معدنية نصف مشطبة بالدرفلة على الساخن لها مقطع مستطيل تتراوح مساحته فيما بين (٤ ، ٣٦ بوصة مربعة) بشرط أن يكون العرض أكبر من ضعف السمك . وإذا زادت مساحة للقطع عن ٣٦ بوصة مربعة تسمى كتلة كبيرة ، وإن لم يتفق الرأي على هذه التسمية وإذا قلت مساحة للقطع عن ٤ بوصات مربعة تسمى طادة قضبان أو أسياخ .

Blast Cleaning

التنظيف بالرش :

عملية إزالة طبقة الأكسيد المتكونة على المطروقات برش حبيبات أو كرات معدنية صغيرة صلبة على سطحها بسرعة عظيمة لتنظيفها .

Blocking

الضبط :

عملية حدادة لضبط الشكل العام للمطروق قبل تحديد شكله النهائي الدقيق .

Blocking impression

فراغ الضبط :

الفراغ الذي يضبط الشكل العام للمطروق .

Bloom

كتلة كبيرة :

شبق نصف مشطبة بالدرفلة على الساخن له مقطع يساوي ٣٦ بوصة مربعة أو أكبر .

Blooming mill

مكنة درفلة الكتل الكبيرة :

مكنة درفلة الدرفلة الشبقات المعدنية وتحويلها إلى كتل كبيرة أو كتل مستطيلة أو قضبان وأسياخ (ومسطحات) وخصوص .

Blow

الطرفة :

الطرفة المفاجئة أو الصدمة أو أى ضغط آخر يحدثه الأجزاء المتحركة فى أى وحدة من وحدات الحدادة .

Blow holes

بمخنة (خجوات داخلية) :

خجوة تحدث فى أثناء تجمد المعدن بسبب انحباس الغاز فى المعدن أثناء تجمده ويبقى فى هيئة فجوات أو جيوب صغيرة .

Board drop hammer

مطرقة متساوقة بالوح :

مطرقة متساوقة تعمل بالجاذبية الأرضية أجزاؤها المتحركة مثبتة فى لوح .

Boiler steel

صلب القيزانات (الغلايات) (المراجل) :

إصطلاح لا يستعمل الآن إلا نادراً يقصد منه أنواع الصلب منخفض الكربون . يجب ألا تستعمل هذه التسمية لوصف أنواع الصلب المستخدمة فى الحدادة لوجود تعريفات أدق .

Boss

سرة :

بروز على سطح المطروق يكون غالباً إسطوانى الشكل .

Box annealing

تخمير فى الصناديق :

عملية تخمير الصلب فى صندوق محكم الغلق لحماية السطح من الأكسدة .

Brinell hardness

الصلادة البرينيلية :

مقدار صلادة المعدن مقدرة بأرقام قياسية تنتج من حاصل قسمة الحمل المؤثر على كرة من الصلب توضع على السطح المراد قياس صلابته ومساحة أثر الكرة على السطح .

Burnt steel

الصلب المحروق :

صلب سخن حتى اقترب من درجة حرارة الانصهار حدث في بنيتة تلف دائم ولا يمكن معه استعادته لأصله لإجراء المعاملات الحرارية عليه .

- C -

Carbon steel

الصلب الكربوني :

صلب تعتمد خواصه الفيزيائية والميكانيكية أساساً على نسبة وجود الكربون فيه .

Carburizatiini

الكربنة :

إضافة الكربون إلى الصلب منخفض الكربون بتسخينه إلى درجة أعلى من النطاق الحرج ملامساً مادة كربونية . وتزيد نسبة الكربون في السطح الخارجي وعند إجراء عمليات المعاملة الحرارية يصبح السطح الخارجي أصلد من الجزء الداخلي .

Case — hardening

التغلification :

عملية من عمليات المعاملات الحرارية أو مجموعة من عمليات يصلد بإجرائها سطح سبيكة أساسها الحديد إلى درجة أكبر بكثير من الجزء الداخلي وذلك بتغيير مكوناته . والوسائل المتبعة في ذلك هي الكربنة والسبندة والمتردة .

Sheck

الشرح :

شرح في فراخ القالب ينشأ عادة عند الأركان يرجع سببها إلى تركيز إجهادات الحدادة عند رأس زوايا الأركان والحواف .

Clean

تنظيف :

عملية إزالة طبقة الأكسيد أو القشور عن سطح المطروقات .

Cogging

تكتيل :

عملية تشكيل الشبقات إلى كتل مستطيلة بواسطة مطرقة أو مكبس مكنتة درفلة .

السك : Coining

عملية توجيه ضغط عال في مكبس سك على السطح لتشكيله بدقة بتفاوت صغير في أبعاده وبأسطح ناعمة ملساء . ويستحسن استعمال اصطلاح تحديد الشكل بدلا من اصطلاح (السك) .

قوالب السك : Coining dies

القوالب المستعملة في إجراء عمليات السك أو تحديد الشكل .

تلاحم داخلي بارد : Cold shut

- ١ - جزء من سطح قطعة من المعدن غير متماص مع الكتلة الرئيسية ويحدث هذا عادة عند درفلة أو تشكيل جزء معدني بالحدادة منفصل أو غير تام الانفصال في المعدن الأصلي كالذي ينتشر على أسطح الشبقات أو النتوءات الميكانيكية .
- ٢ - تمجد السطح العلوي للضيق قبل امتلاء القوالب بسبب عدم استمرار عملية صب المعدن بانتظام .

٣ - أجزاء أو زعانف تتولد من انحصار جزء من المعدن بين قوالب التشكيل أو الدرافيل عند درفلة أو تشكيل الكتل المستطيلة أو الأعمدة فإذا أديرت القطعة لتربيعها في عملية الدرفلة أو التشكيل الثانية تنطوى هذه الزعانف . وتضغط الزعانف في سطوح المطروقات وتلحم عليها فلايسهل رؤيتها بالعين المجردة ولا تكتشف إلا بالفحص المغنطيسي وإذا تركت في المطروق تسبب ضعف مقاومته في مواضع هذا التلاحم .

التشغيل على البارد : Cold working

تغير لدين (عيّن) دائم في المعدن عند درجة حرارة أقل من درجة الحرارة التي تستعيد فيه بولوته وعند درجة حرارة منخفضة إلى درجة تتولد عندها صلادة اجهاد .

الوزن المستهلك : Consumed-weight

وزن الخام المستعمل مقسما على عدد المطروقات التي قبلها الشاري ويدخل في حساب وزن المعدن كل النفايات والبقايا والمواد والقطع المرفوضة لأي سبب من الأسباب .

درجة الحرارة الحرجة : Critical temperature

درجة الحرارة التي يحدث عندها تغير « اللوتروي » (تغير في البنية) في المعدن .

الأحدة القاطعة : Cutoffs

زوج من الأحدة القاطعة إما مغرزة في ركنين من أركان جزئي قالب الحدادة أو مثبتة داخل القوالب تستعمل في فصل المطروقات من قضيب الخامة بعد طرده وتهذيب الأطراف .

الوزن المقطوع : Cut weight

وزن الخام اللازم الذي يدخل المكنة لإنتاج مطروق واحد ويساوي الوزن الخالص مضافا إليه وزن الزخاف والزوائد الأخرى والتشوش المتولدة والمزالة .

- D -

القالب : Die

كتلة من الصلب مشغلة بها فراغات لتشكيل المطروقات . ويصنع القالب عادة من جزئين كل جزء يكمل الآخر وفي كل من جزئي القالب فراغات مشكلة .

مطروقات القوالب : Die forgings

مطروقات تشكل في القوالب ومنها المطروقات المتساقطة والمطروقات المكبوسة

تحريك القالب : Die shift

تحريك جزئي القالب واحد بالنسبة للآخر عن موضع تطابقهما الصحيح .

الاستدقاق (السلبية) : Draft

ميل جوانب القوالب الجانبية لتيسير سحب المطروقات من القوالب ويسمى الميل في معدن المطروق الناضئ من ميل جوانب القوالب أيضاً بهذا الاسم .

زاوية الاستدقاق (السلبية) : Draft angle

تقدر زاوية الاستدقاق بالدرجات .

المراجعة : Drawing

إعادة تسخين القطعة بعد تسقيتها وتصليدها بالتسخين والسقية إلى درجة حرارة أقل من الحد الأدنى للنطاق المخرج .

مطروق متساقط : Drop forging

مطروق شكل بالمطرقة متساقطة .

— E —

موزع : Edger

جزء معين من القالب يوزع المعدن ويعطى شكل المطروق العام .

الاستطالة : Elongation

الزيادة الدائمة في طول قعة الاختبار قبل الانكسار مباشرة بقدر عادة بالنسبة المثوية بنسبة إلى الطول الأصلي .

حد التحمل : Endurance limit

أقصى إجهاد يتحمل المعدن دونه عدد لانتهائى من دورات الاجهاد دون أن ينكسر . ويحدث الكسر عند إجهادات أعلى من هذا الحد الأقصى نتيجة لتولد الشقوق وامتدادها المتفرعات .

— F —

كلال المعدن : Fatigue

انكسار المعدن بسبب شرخ يزداد تحت تأثير تكرار الإجهادات .

Fatigue limit**حد الكلال :**

يستعمل هذا الاصطلاح عادة مرادفاً لحد التحمل .

Fider**التليف :**

خاصية من خواص المعادن المشكل بأنسياب المعجن المذنب بما في ذلك المطروقات فيصبح لها شكل مليف خشبي عند الكسر دلالة على وجود خواص اتجاهية . ويتولد التليف في البنية من امتداد مكونات المعدن في اتجاه التشغيل .

Fillet**الدوران :**

نصف القطر الداخلي عند تقابل الأسطح . مثل أنصاف دورانات أقطار أركان فراغات قوالب الحدادة .

Finisor Flash**الزخاف :**

للمعدن الزائد عما يلزم لملء الفراغات المضبوطة في جزئي القالب بعد انطباقها فيخرج على شكل رقائيق أو زخاف رفيعة عند حد الفصل بين جزئي القالب .

Final Yield**الحصيلة النهائية :**

حاصل قسمة وزن للمنتج النهائي الصافي على الوزن الخام للاستعمل .

Flfash pan**مخرج الزخاف :**

جزء من القالب يشغل بالمكونات يسمح بانبثاق كمية للمعدن الزائد من فراغات القالب .

Forging**مطروقات :**

منتجات تشغيل المعدن المذنب (المعجن) بتشكيله إلى الشكل المطلوب بالضبط وتشكل المطروقات في قوالب في مطارق متساقطة أو مكينات الحدادة أو مكابس الحدادة . وتوالى للمطارق المتساقطة طرقاتها بالتوالى . أما مكينات الحدادة ومكابس الحدادة فيضغط ضغطاً عاصراً . وبينما يمكن حدادة بعض للمعادن ومنها الصلب

على البارد فإن معظم المعادن التي تشغل بعمليات الحدادة فتسخن قبل التشكيل
لتصير لدنية مجينة قبل التشكيل .

صلب معدل للحدادة : Forging quality steel

صلب أجريت عليه عمليات خاصة لإزالة عيوب في المطروقات .

انفعال الحدادة : Forging Strain

إجهاد داخلي أو انفعال ينشأ في المعدن نتيجة لعمليات الحدادة . ويمكن
إزالته بعمليات التجمد أو الاستبدال .

اختبار المكسرة : Fracture test

اختبار قطعة من المعدن بكسرها للكشف عن عيوبها الداخلية للتعرف
على بنية المعدن بفحص سطح المكسر .

بلمص ملفوف : Fuller

جزء القالب المستخدم في تقليل مقطع الخامة .

— G —

تجميع الخامة : Gathering stock

أى عملية تستخدم في زيادة مقطع الخامة عن المقطع الأصلي .

حببية : Grain

بلورات المعدن التي تكون بنيته .

الانسياب الحبيبي : Grain Flow

اتجاه خطوط الانسياب في المطروق .

الحجم الحبيبي : Grain size

حجم بلورات المعدن عند قياسها بطريقة قياسية .

الوزن الاجالى : Gross weight

وزن المعدن اللازم لإنتاج مطروق واحد ويمكن أن يعنى الوزن المقطوع أو الوزن المستهلك .

المجرى : Gutter

جزء من القالب يشغل بالمسكنات لاستقبال المعدن الزائد الذى ينبثق من مخرج الزخاف .

— H —

تقوَب المقابض : Handling hooks

تقوَب تثقب فى سطحين متقابلين فى كتل القوالب ليمكن رفعها ونقلها باستخدام مرافع (وئش) .

التصليد (التقسية) : Hardening

وسيلة لزيادة صلادة المعدن بالتحكم فى التسخين والتبريد .

الصلادة : Hardness

مقاومة المعدن للتغير فى الشكل تحت تأثير قوة ميكانيكية ويدل هذا المصطلح على رم الصلادة الذى تقاس الصلادة به عن طريق اختبارات الصلادة المختلفة .

التسخينة أو الدفعة : Heat

كمية الغامات التى توضع فى فرن الحدادة دفعة واحدة لتسخينها فى وقت واحد . وكذلك درجة حرارة المعدن أو عملية زيادة درجة حرارة المعدن لأداء عمليات المعاملات الحرارية .

صهرة الصلب : Heat of steel

كمية الصلب المصنوع فى صهرة واحدة .

المعاملة الحرارية : Heat treatment

أى عملية أو عمليات تسخين للمعدن وتبريده لظهار خواص معينة .

مطرقة براقة : Helve hammer

مطرقة ميكانيكية تدار بتحريك ذراع تستخدم في أداء الأعمال الخفيفة وصناعة الآلات والعمليات الإضافية .

التشغيل على الساخن : Hot working

تشغيل المعدن ميكانيكياً عند درجة حرارة أعلى من درجة الحرارة التي يستفيد منها بتلوره .

صلب التشغيل على الساخن : Hot working steel

صنع خصيصاً لاستعماله في القوالب والآلات التي تشغل المعدن على الساخن .

السرة (البروز) : Hub

بروز في وسط المطروق يكون جزء من بدنه .

— I —

فراغات التشكيل : Impression

الجزء المحفور في القوالب بالمسكنات لتشكيل القطعة المطروقة .

الشوائب المدفنة : Inclusion

شوائب في المعدن على شكل خليط مثل الأكسيدات والكبريتات والسيليكات مدفنة داخل معدن .

الشبق : Ingot

مصبوب من الصلب بعد لعمليات الدرفلة أو الحدادة .

لقمة : Insert

جزء من الصلب من أجزاء قالب التشكيل منفصل عنه ويمكن إخراجه من القالب ويستخدم لملء فراغ أو لاستبدال جزء من القالب بقطعة ماثلة من نوع نوع أنسب من الصلب في موضع معين من مواضع تشكيل فراغات القالب .

Insert die

قالب ملحق :

قالب صغير به الفراغ اللازم للطروق ويثبت في قالب رئيسي .

Inspection

التفتيش :

عملية فحص المطروقات للكشف عن عيوبها أو عن صحة مطابقتها للمواصفات القياسية والفحص الكيميوى هو تعيين التحليل الكيميوى للمعدن ، وفحص الخواص الفيزيائية هو تعيين مقاومة المعدن لتغيير في الشكل تحت تأثير القوى بأشكالها المختلفة . واختيار الصلادة هو تعيين درجة صلادة المعدن بالنسبة لصلادة قاسية بإحدى طرق الاختبار المختلفة . والفحص على البارد . هو فحص المطروقات بالمعين المجردة للكشف عن العيوب الظاهرة في الأبعاد والوزن وجودة السطح . والفحص على الساخن هو فحص المطروقات بالنظر للكشف عن الأخطاء عندما تكون المطروقات ساخنة .

Iron

التسوية :

عملية ضغط تستعمل للحصول على اتخاذ واستقامة مضبوطة لإجراء المطروقات المختلفة أو لتحسين حالة السطح .

Lap

الانطراءات :

عيب من عيوب السطح في المطروقات سببه إثناء المعدن في طبقات رقيقة على السطح .

Layout

توقيع خطوط التشغيل (الشنكار) :

نقل أبعاد الرسم إلى نماذج النسخ أو القوالب لحفر فراغاتها . أو لفحص المطروق أو النموذج المصبوب من الرصاص لتأكد من أبعاده تطابق المواصفات .

Leab Cast

النموذج المصبوب من الرصاص :

قطعة مطابقة لفراغات القالب تصنع من الرصاص أو من سبيكة من سبائك

الرصاص يضم جزئى القالب واحداً على الآخر وصب المعدن المنصهر فى فراغاته
لوتصب عادة فى قوالب التشطيب النهائية .

Lock

الانحراف :

تغيير أو انحراف فى تطابق مستويات الأسطح المتقابلة فى القوالب . والانحراف
المركب هو ما فيه أكثر من انحراف واحد فى الأسطح المتقابلة . ومانع الانحراف
هو الترتيب الذى تجهز به فى القالب لمنع انحراف جزئية عن الآخر .

— M —

Mechinability

التشغيلية بالمكنات :

جودة وسهولة تشغيل المعدن على المكنات بالمقارنة بمعدن قياس معين .

Machine Forging

الحدادة بالمكنات :

عملية الحدادة باستخدام مكنات الحدادة ويكون عاليا بإدخال المعدن
فى فراغات القالب بضغط كباس متحرك تضغط المعدن ويظل القالب فى مكانه أثناء
عملية الضغط .

Macrostructure

البنية كما ترى بالعين المجردة :

إظهار بنية أو حالة المعادن الداخلية بتشغيل سطح عينة بالمكنات ومعالجته
بالخامض لإظهارها ثم فحصها بالعين المجردة أو تحت عدسة تكبير . تكبيرها محدود .

Magnafluxing

المجنافلكسى (خطوط المجال المغناطيسى) :

وسيلة لفحص مطروقات الصلب دون كسره ويستخدم لأداء هذا الفحص
معدات خاصة لكشف عن الميوب التى تقع تحت السطح وتعين مواضعها عن
طريق المجال المغناطيسى .

Matched edges

سطحا المقياس ومرابطه :

السطحان المتعامدان المشغلان بالمكنات عند مستوى الفصل فى القوالب
ومنهما تربط قياسات جميع الأبعاد .

خطا القياس ومرابطة : Match Lines

خطان متعامدان على السطحين المتعامدين في كتلة قالب الحدادة ومنهما تقاس وترتبط جميع الأبعاد .

الخواص الميكانيكية : Mechanical Properties

مقاومة المعادن وللواد الأخرى لعمل قوة مؤثرة مثل قوة الشد وغيرها وتقدير مدى التحمل وما يشابهه .

التشغيل الميكانيكي : Mechanical working

تمرير المعدن لضغط الدرافيل أو للطارق أو للكابس لتغيير شكله أو خواصه الفيزيائية .

البنية المهيجرة (الميكروسكوبية) : Microstructure

السطح ومعالجته بالخامض لإظهار تراكيب البنية ثم فحصه تحت ميكروسكوب أو مكبر درجة تكبير عالية .

الانحراف : Mismatch

عدم تطابق جزأى قالب الحدادة وانحراف أحدهما عن الآخر

معامل المرونة : Modulus of elasticity

النسبة بين الإجهاد والاضعال في نطاق حد المرونة .

وزن القضيبي الإجمالي : Multiple bar weight

وزن الحامة للقطوعة مضافا إليه الوزن للضيع في القطع بالمنشار أو باللهب . وربما تضاف الزوائد الصغيرة للقطوعة من أطراف القضبان أو الإضافي إلى هذا الوزن .

— N —

الوزن الصافي : Net Weight

متوسط وزن المطروقات المشكلة في قالب واحد . ويساوى وزن المعدن

الذى يملأ فراغات القالب مضافا إليه مقدار التآكل فى القالب ومقادير تفاوت الحجم .

Normalizing

الاستبدال :

تسخين الصلب إلى درجة ١٠٠° ف تقريباً فوق النطاق الحرج ثم إبقائه عند هذه الدرجة مدة معينة ثم تبريده إلى مادون هذا النطاق فى الهواء الساكن فى درجة الحرارة العادية .

— 0 —

Open—hearth steel

صلب الفرن المفتوح :

صلب مصنوع فى الفرن المفتوح حيث يصهر الحديد الزهر والصلب المنفردة أو الحديد الخام بنسب معينة ومعه عامل تصهير مساعد مناسب .

Over heating

التسخين الزائد :

تسخين الصلب إلى درجات حرارة عالية حتى تكبر حجم الحبيبات وتتأثر بذلك خواص المعدن .

— P —

Pad

التطبيق :

عملية ضغط للحصول على انطباق محاور أجزاء مختلفة فى المطروقات أو لتحسين حالة السطح .

Parting pline

حفظ الفصل :

تقاطع مستوى الفصل وفراغات القالب وخط الزوايف فى المطروق .

Parting plane

حد الفصل :

المستوى الفاصل بين جزأى قالب الحدادة .

Physical properties

الخواص الفيزيائية :

خواص مثل الوزن النوعى وقابلية التوصيل للكهرباء ومعامل التمدد بالحرارة .

التقع في الحواض (التغليس بها) : Pickling

معاملة كيميوية لإزالة القشور عن سطح المعدن .

تسوية وصقل الأطراف : Planish

درفلة المطروق أو جزء منه في زوج من القوالب لإزالة خط تهذيب الأطراف أو للحصول على مقادير تفاوت دقيقة وهي عادة عملية ضغط أو طرق على البارد أو عند درجة حرارة منخفضة في بعض الحالات .

مجموعة للمطروق : Platter

الوزن الكامل للخامة تحت للطريقة بما فيه وزن الزعاف ونهاية الخامة وموضع قبض المقط لكل للمطروقات للشغلة في وقت واحد .

مطروق بالضغط : Press forging

مطروق صنع في مكبس ميكانيكي أو هيدرولي .

النموذج (البروفة) : Proof

نسخة مطابقة لشكل فراغات القالب ، يصنع عادة بصب رصاص منصهر في فراغات قالب التشطيب بعد ضم جزئي القالب واحد على الآخر .

التخريم : Punch

عملية تفريغ للثقوب في مطروق استعداداً لثقبه .

— R —

رأس الطرق : Ram

الجزء المتحرك أو الساقط في للطريقة أو المكبس الذي يثبت فيه أحد جزئي القالب . ويطلق أيضاً على القالب العلوي المسطح في للطريقة البخارية .

القصافة الساخنة : Red shortness

قصافة للمعدن عند درجة حرارة الاحمرار .

جو مختزل : Reducing atmosphere

حالة الاحتراق في الفرن عندما يقل الأكسجين وتنعدم زيادته عن المطلوب للاحتراق الكامل .

النقص في مساحة المقطع : Reduction of area

الفرق بين مساحة مقطع قطعة الاختبار قبل إجراء تجربة الشد ومساحة أصغر مقطع عند للكسر .

إعادة الطرق : Restriking

ضرب المطروق الذي هذبت أطرافه بطريقة إضافية في القوالب لتطبيق محاور أجزائه المختلفة .

طرق الضغط بعد المراجعة : Restriking o, fraw

إعادة طرق المطروق الذي هذبت أطرافه عند درجة حرارة المراجعة أثناء المعاملة الحرارية للحصول على تطابق دقيق .

صلادة « روكيل » : Rockwell hardness

وسيلة لقياس الصلادة النسبية على جهاز « روكويل » للصلادة ويعبر عن مقدار الاحتراق الناشئ بين تأثير حمل على طرف مدبب يوضع على السطح المراد معرفة صلادته ويدل على صلادة المعدن ويقرأ رقم الصلادة على مبين بعقرب على قرص مدرج .

اللف : Roller

عملية تحضيرية في قالب من قوالب الحرارة المتساقطة مصمم لتشكيل عمود الحدادة الخام إلى أشكال مختلفة بحيث يوزع المعدن بطريقة منتظمة لآتمام الحدادة في قوالب الحدادة المتساقطة .

محدد الأطراف : Rolling edger

موقف ودرفيل مما يستخدمان لتوزيع المعدن استعداداً لمعالجة الحدادة في قوالب الحدادة المتساقطة .

معدن مخزون : Rubtured

قطعة من خام الحدادة شغلت أو طرقت بشدة تسببت في تشققات في تليفات بنية المعدن . ويكون هذا خاصة في الأجزاء الرقيقة .

— S —

الرش بالرمل : Sandblast

استخدام تيار هوائي مضغوط ورمل لتنظيف المطروقات فيتصادم الرمل بسرعة عالية مع السطح المراد تنظيفه .

القشور : Scales

طبقة الأكسيد المتكونة على المعدن الساخن بالتفاعل الكيموي بين سطح المعدن واكسجين الهواء .

نقرة القشرة : Scale pit

منخفض على سطح المطروق يتكون نتيجة للقشور التي على القوالب أثناء عمليات الحدادة .

موضع التشغيل في الخامة : Scarf

منطقة في قطعة المعدن مشكلة معدة للحدادة .

اختبار « سليروسكوب » للصلادة : Sclerscope hardness test

اختبار صلادة المعادن بقياس مقدار ارتداد ثقب له نهاية من الماس عند اسقاطه من ارتفاع معين على السطح المراد قياس صلادته .

خط تلاحم منفصل : Seam

شد في سطح المطروق . ويسمى شد أو شق شعري إذا كان رقيقاً جداً .

الساق : Shank

ماسك لتثبيت آلة القطع أثناء الاستعمال .

وزن الشكل : Shape weight

وزن المادة الذى يملأ الحجم الهندسى بالأبعاد الموصوفة .

المرتکز : Shoe

ناسك يستخدم كمرتکز للجزء الثابت من قوالب تهذيب الأطراف أو الحدادة .

رش الكريات : Shotblast

تنظيف المطروقات ورشها بكریات صلبة من الصلب فيتصادم مع السطح وتزيل قشوره وذلك بإطلاقها على أسطح المطروقات بالقوة المركزة الطاردة .

الانكماش : Shrinkage

انكماش المعدن نتيجة للتبريد .

حفر الفراغات : Sink

عملية حفر فراغات قوالب التشكيل باستعمال مكينات التشغيل وهى عملية فنية عالية التخصص .

ضبط : Size

عملية تجرى باستخدام المكبس للحصول على تفاوت أدق فى أجزاء المطروق .

مسطح شبق معدنى : Slap

نصف مسطح بالدرفلة حتى صار عرضه أقل من ١٠ بوصات ولا تقل مساحة مقطعه عن ١٦ بوصة مربعة .

نواة : Slug

أى قطعة صغيرة أو طاوور أخرج من المعدن .

الحدادة البسيطة : Smith forging

اصطلاح عام يستعمل للحدادة اليدوية على السندان ، وكذلك الحدادة بالمطارق الليكانيكية وباستخدام قوالب مسطحة .

Soaking heat

حرارة الاستنقاغ :

ترك المعدن عند درجة حرارة معينة لمدة معينة بتسخين المعدن كله في درجة حرارة منتظمة .

Soft steel

الصلب اللين :

إصطلاح لا يستعمل الآن ويقصد به الصلب منخفض الكربون .

اللدخل :

مكان في القالب يشغل بالمكونات يوصل فراغات القالب أو توصيل فيما أو بين فراغات خاصة الحداثة .

Seam hammer

مطرقة لحام الأطراف :

مطرقة ميكانيكية تستعمل في صناعة مطروقات القوالب للسطحة .

Stock

خامة :

قطعة من المعدن مقطوعة ومعدة لتشغيل عدد معين من المطروقات :

Straighten

توطيب :

تنقيص في مقدار عدم انطباق محاور أجزاء للطروق .

Structure

بنية :

تشكيلات التراكيب الداخلية في المعدن أثناء المراحل المختلفة في المعدن أو السبيكة .

Surfacepeening

دققة السطوح :

كريات صلبة على المطروقات لإزالة عمر الكلال في المطروقات .

Swage

لف الخامة :

عملية إنقاص أو تغيير مساحة مقطع أو قطر المعدن بتدوير الخامة تحت طرقات سريعة .

— T —

المراجعة : Tempering

إعادة التسخين بعد التصليد والتقسية لدرجة حرارة أدنى من النطاق الحرج ثم التبريد بأى سرعة مناسبة .

نموذج نسخ : Template

محدد قياس أو قطعة من ألواح المعادن محددة بالرسم تستعمل فى نقل أو خفض أبعاد المطروقات أو القوالب .

خواص مقاومة الشد : Tensile properties

الخواص التى تقدر عن طريق اختبار الشد على عينة مثل مقاومة الشد والاستطالة والنقص فى مساحة المقطع ونقطة الخضوع .

مقاومة الشد : Tensile Strength

إجهاد الشد، وهو أقصى حمل يسجل أثناء تجربة الشد مقسوما على مساحة المقطع .

التفاوت : Tolerance

الانحراف المسموح به عن المواصفات .

مقبض اللقط : Tonghold

المكان الذى يمسك منه العامل قطعة الخام باستعمال اللقط أثناء عملية الحدادة .

اللقط : Tongs

قابض معدنى لتناول الأجزاء المعدنية على الساخن أو على البارد .

تهذيب الأطراف : Trim

إزالة الزوائد أو المعدن الزائد من المطروقات .

مرتكز تهذيب الأطراف : Trimmer

الماسك التى يرتكز عليه المهذب .

Tumbling

التنظيف في البراميل الوارة :

عملية إزالة القشور من المطروقات بهزها ورجها بعضها مع بعض مع قطع صغيرة ونشارة الخشب ومواد حادة في اسطوانة برميل دوارة .

Type

نموذج ضبط القوالب :

كتلة مصلدة مشغلة بالمكينات نموذجاً لجزء من المطروق المطلوب تضغط في فراغات القالب لتحديد شكله تحديداً دقيقاً .

- U -

Undercut

وفرفة :

أجزاء تنحسر في فراغات في القالب ويمتنع عن الخروج منه دون اعوجاج أو نشر إذا أدخلت فيه وللمعدن ساخن .

Underfill

نقص الامتلاء :

جزء من المطروق لا يتخذ شكله الحقيقي بسبب نقص المعدن وعدم كفايته لملء الفراغات .

Upset forging

مطروقات الكبس :

مطروقات تصنع بوضع المعدن في القالب بحيث يكون اتجاه بنيته اللينة في اتجاه عمودي لسطح القالب .

Upsetting

كبس تنقيص الطول :

عملية تشغيل المعدن بإيقاص طوله فيزداد تبعاً لذلك سمكه وعرضه .

- W -

Weld

الحام :

عملية وصل أجزاء معدنية باستخدام الحرارة .

— Y —

Yield

الحصيلة :

حاصل قسمة الوزن الصافي أو وزن الشكل على الوزن الإجمالي .

Yield point

نقطة الخضوع :

الإجهاد عند النقطة التي تحدث عندها استطالة واضحة دون زيادة مقابلة في الحمل.

ملحق به بعض الجداول المفيدة

السكسور المترية المساوية للسكسور الاعتيادية لبروصة

السكسور	السكسور المترية	السكسور	السكسور المترية	السكسور	السكسور المترية	السكسور	السكسور المترية
١	١,٠١٠٦٢٥	١	١,٠١٠٦٢٥	١	١,٠١٠٦٢٥	١	١,٠١٠٦٢٥
٢	١,٠٢١٢٥	٢	١,٠٢١٢٥	٢	١,٠٢١٢٥	٢	١,٠٢١٢٥
٣	١,٠٤٦٨٧٥	٣	١,٠٤٦٨٧٥	٣	١,٠٤٦٨٧٥	٣	١,٠٤٦٨٧٥
٤	١,٠٦٢٥	٤	١,٠٦٢٥	٤	١,٠٦٢٥	٤	١,٠٦٢٥
٥	١,٠٧٨١٢٥	٥	١,٠٧٨١٢٥	٥	١,٠٧٨١٢٥	٥	١,٠٧٨١٢٥
٦	١,٠٩٣٧٥	٦	١,٠٩٣٧٥	٦	١,٠٩٣٧٥	٦	١,٠٩٣٧٥
٧	١,١٠٩٣٧٥	٧	١,١٠٩٣٧٥	٧	١,١٠٩٣٧٥	٧	١,١٠٩٣٧٥
٨	١,١٢٥	٨	١,١٢٥	٨	١,١٢٥	٨	١,١٢٥
٩	١,١٤٠٦٢٥	٩	١,١٤٠٦٢٥	٩	١,١٤٠٦٢٥	٩	١,١٤٠٦٢٥
١٠	١,١٥٦٢٥	١٠	١,١٥٦٢٥	١٠	١,١٥٦٢٥	١٠	١,١٥٦٢٥
١١	١,١٧١٨٧٥	١١	١,١٧١٨٧٥	١١	١,١٧١٨٧٥	١١	١,١٧١٨٧٥
١٢	١,١٨٧٥	١٢	١,١٨٧٥	١٢	١,١٨٧٥	١٢	١,١٨٧٥
١٣	١,٢٠٣١٢٥	١٣	١,٢٠٣١٢٥	١٣	١,٢٠٣١٢٥	١٣	١,٢٠٣١٢٥
١٤	١,٢١٨٧٥	١٤	١,٢١٨٧٥	١٤	١,٢١٨٧٥	١٤	١,٢١٨٧٥
١٥	١,٢٣٤٣٧٥	١٥	١,٢٣٤٣٧٥	١٥	١,٢٣٤٣٧٥	١٥	١,٢٣٤٣٧٥
١٦	١,٢٥	١٦	١,٢٥	١٦	١,٢٥	١٦	١,٢٥

أوزان القوالب وأوزان المطارق

متوسط أوزان القوالب المستعملة مع مطارق متساوية بالوزن ومطارق متساوية بخارية مختلفة الأحجام .

مطارق بخارية		مطارق بالوزن	
وزن القالب	وزن المطرقة	وزن القالب	وزن المطرقة
٣٠٠	٨٠٠	٥٠	٦٠٠
٤٠٠	١٠٠٠	١١٠	٨٠٠
٥٠٠	١٢٠٠	١٧٠	١٠٠٠
٦٠٠	١٥٠٠	٢٣٠	١٢٠٠
٧٥٠	٢٠٠٠	٣٢٠	١٥٠٠
٩٥٠	٢٥٠٠	٣٥٠	١٦٠٠
١١٠٠	٣٠٠٠	٤١٠	١٨٠٠
١٣٠٠	٣٥٠٠	٤٧٠	٢٠٠٠
١٥٠٠	٤٠٠٠	٦٣٠	٢٥٠٠
١٩٠٠	٥٠٠٠	٨٠٠	٣٠٠٠
١٤٠٠	٦٠٠٠	٩٦٠	٣٥٠٠
٣٤٠٠	٨٠٠٠	١١٣٠	٤٠٠٠
٤٥٠٠	١٠٠٠٠	١٣٣٠	٥٠٠٠
٥٦٠٠	١٢٠٠٠		
٨٠٠٠	١٦٠٠٠		

درجات حرارة الحدادة

لأنواع الصلب المختلفة

درجة الحرارة °ف	المرتبة	درجة الحرارة °ف	المرتبة
٢٠٥٠	٤٦١٥	٢٢٥٠	١٠١٥
٢٣٠٠	٤٦٤٠	٢٢٠٠	١٠٤٠
٢٣٠٠	٤٨٢٠	٢٣٠٠	٢٣١٧
٢٣٠٠	٥١٢٠	٢٢٠٠	٢٣٤٠
٢٢٠٠	٥١٤٠	٢٣٠٠	٢٥١٢
٢٢٥٠	٦١٢٠	٢٢٥٠	٢١١٥
٢٢٥٠	٦ ٥٠	٢٢٥٠	٣١٤٠
٢٠٥٠	٨٦٢٠	٢٢٠٠	٣٢٤٠
٢٢٠٠	٨٦٤٠	٢٢١٠	٣٣١٢
٢٢٠٠	٨٧٢٠	٢٢٠٠	٤١٣٥
٢٢٠٠	٨٧٤٠	٢٣٠٠	٤٣٢٠
٢٤٠٠		٢٣٠٠	٤٣٤٠

منحنى تسابك وانصهار الحديد والكربون :

لا يمثل منحنى تسابك وانصهار الحديد والكربون (منحنى التوازن) تجمد سبائك الحديد والكربون غريب ، ولكنه يبين التغيرات التي تحدث بعد التجمد والتبريد إلى درجة الحرارة العادية . ويساعد هذا المنحنى وأمثاله على حسن اختيار نطاقات درجات الحرارة التي يؤخذ عندها المعدن للنصهر من الفرن، وكذلك نطاقات الحرارة التي تشغل فيها على الساخن وتجري على السبائك فيها عمليات المعالجات الحرارية . وذلك لاختلاف أنواع سبائك الحديد والكربون .

ويؤثر وجود أى عنصر من العناصر الأخرى فى السبيكة على مواضع درجات الحرارة الحرجة ، ولما كان الصلب يحتوى على عناصر غير الحديد والكربون ،

يلزم وضع تأثير خصائصها وميزاتها وكمياتها للوجود في السبيكة موضع الاعتبار عند استعمال هذا المنحنى استملاً صحيحاً .

ويمثل الجزء العلوى من المنحنى حالات تجمد سبائك الحديد والكربون . ويحدث تجمد المعدن إذا انخفضت درجة حرارته تحت الخط التخليى الذى يسمى « خط التسيل » . ويتم التجمد عندما تنخفض درجة الحرارة عن الخط التخليى المسمى « خط التجمد » . ويستمر انخفاض درجة حرارة المعدن وتأخذ مكونات بنيته في التباور ويتغير هذا التباور في المواضع التى يطلق عليها درجات الحرارة الحرجة وتظهر في المنحنى عند (أ_١) و (أ_٢) و (أ_٣) و (أ_٤) .

وينقسم هذا المنحنى عدة أقسام تعتمد على نسبة الكربون المثوية في السبيكة . وهى ما فوق (الأصهرى) ويحتوى على ٤,٣٪ كربون أو أكثر وما تحت (الأصهرى) ويحتوى على أقل من (٣-٤٪) كربون وأكثر من (٢,٠٠٪) كربون وما فوق « الأصهرى الأصفر » ويحتوى على أقل من ٢,٠٠٪ كربون وأكثر من ٨٠٪ كربون وما تحت « الأصهرى الأصفر » ويحتوى على أقل من ٨٠٪ كربون . وتقع أغلب أنواع صلب الحدادة في قسم ما تحت « الأصهرى الأصفر » .

ومن الممكن عن طريق منحنى تسابك وانصهار الحديد والكربون تحديد درجات الحرارة بنيات الصلب إذا عرفت نسبة الكربون فيه . وهكذا يصبح هذا المنحنى أداة عملية لتحديد درجات الحرارة الحرجة لأى مرتبة من مرتب الصلب الكربونى التى يحدث عندها أى وجهه من أوجه اختلاف البنية للمعاملات الحرارية .

زوايا الاستدقاق (السلية)

المعق	°١	°٢	°٣	°٥	°٧	°١٠	°١٢	°١٥
٣٢	,٠٠٠٥	,٠٠١١	,٠٠١٦	,٠٠٢٧	,٠٠٣٨	,٠٠٥٥	,٠٠٦٦	,٠٠٨
١٦	,٠٠١١	,٠٠٢٢	,٠٠٣٣	,٠٠٥٥	,٠٠٧٧	,٠٠١١	,٠٠١٣	,٠٠١٧
٣٣	,٠٠١٦	,٠٠٢٣	,٠٠٤٩	,٠٠٨	,٠٠١١٥	,٠٠١٦٥	,٠٠٢٠	,٠٠٢٥
٤	,٠٠٢٢	,٠٠٤٤	,٠٠٦٦	,٠٠١٠٩	,٠١٥	,٠١٢	,٠٢٧	,٠٢٣
١٦	,٠٠٢٣	,٠٠٦٥	,٠٠٩٨	,٠١٦	,٠٢٣	,٠٢٣	,٠٤٠	,٠٥٠
١	,٠٠٤٤	,٠٠٨٧	,٠١٣	,٠٢٢	,٠٣١	,٠٤٤	,٠٥٣	,٠٦٧
١٦	,٠٠٥٥	,٠١١	,٠١٦	,٠٢٧	,٠٣٨	,٠٥٥	,٠٦٦	,٠٨٤
٨	,٠٠٦٥	,٠١٣	,٠٢٠	,٠٣٣	,٠٤٦	,٠٦٦	,٠٨٠	,١٠٠
٧	,٠٠٧٦	,٠١٥	,٠٢٣	,٠٣٨	,٠٥٤	,٠٧٧	,٠٩٣	,١١٧
١	,٠٠٨٧	,٠١٧	,٠٢٦	,٠٤٤	,٠٦١	,٠٨٨	,١٠٦	,١٣٤
٨	,٠١١	,٠٢٢	,٠٣٣	,٠٥٥	,٠٧٧	,١١٠	,١٣٣	,١٦٧
٢	,٠١٣	,٠٢٦	,٠٣٩	,٠٦٦	,٠٩٢	,١٣٢	,١٥٩	,٢٠١
٧	,٠١٥	,٠٣١	,٠٤٦	,٠٧٧	,١٠٧	,١٥٤	,١٨٦	,٢٣٤
١	,٠١٧	,٠٣٥	,٠٤٢	,٠٨٧	,١٢٣	,١٧٦	,٢١٣	,٢٦٨
العمق	°١	°٢	°٣	°٥	°٧	°١٠	°١٢	°١٥

الفهرس

(١)

فرن يعمل بالزيت ٢٢٨
درجات الحرارة داخل الافران ٢٦ ، ٢٥
افران مجهزة بناقلات تلقائية ١٠٥
الآلات
الآلات المستعملة في بنى الانابيب غير الحديدية
٢٨٤ ، ٢٨٥
حدادة قلم خراطة تسوية جانبية ٥٩
آلات يدوية ٢٨-٤١
الآلات المستعملة في الحدادة بالكبس السريع
٢٨٤
آلات الطرق الميكانيكية ٧٠-٧٥
قوالب وآلات الحدادة بالكبس ١٦٥ ، ١٦٦
١٧٠-٢٧٩
الواح الصلب للكمس (المكس) ١٩٧
ألوان الأكاسيد على الصلب الساخن ٢٢٥
ألياف الصلب ٢٣-٢٥
اليومنيوم ١٦٠ ، ١٨٩ ، ١٩٠ ، ٢٢٤-٢٢٧
٢٧٧ - ٢٧٨ ، ٣٠٥
الانابيب أو المواسير الملحومة ١٩٨ - ٢٠٢
الانبوبة ١٧-٢٥٣
الانسياب العبيبي ٧٩
الانفصالية ١٧ ، ١٨ ، ٢٣ ، ٢٤٨ ، ٢٥٢
الانفصالية في البنية الفلزية ١٧ ، ٢٣
الانكماش ٣٠٧ ، ٣٠٨

(ب)

بنق المعدن ١٨٧ - ١٩٤ ، ٢٨٤ ، ٢٨٥
بنق المعدن على البارد ١٩٠ - ١٩٤
بنق المعدن على الساخن ١٨٧ ، ١٩٠
بلس سوكه ٤١
بلس ملف ٣٨ ، ٤١ ، ٧١ ، ٧٢
ب يرموت ٤٥ ، ٣٦ ، ٢١٧ ، ٢٤٢ ، ٢٤٣

(ث)

الثنتي ٢٥٢ ، ٢٥٣
تجاويف ١١٨-١٢١ ، ٢٩٠ ، ٢٩١
التخريم الهيدرولي على الساخن ١٨٥-١٨٧
تخمير ٢٢٠ ، ٢٢١ ، ٢٣٤ ، ٢٣٦ ، ٢٤٣

الاجزاء الرقيقة ٢٦٧ ، ٢٦٠
اجهادات ١١ ، ١٢
اجهزة تحكم كهروضوئي (تولو الكتري)
١٠٧ ، ١٠٦
اختبار (المجناتلاكس) ٢١٧ ، ٢٥٤ ، ١٥٥
اختبار الشرر ٢٥٦ ، ٢٦٤
اختبار قصص الكسر ٢٥٩ ، ٢٦٥
اختبار وفحص ٢٤٦ - ٢٦٦
اختبار ولحمس المطروقات ٨١ ، ٨٢ ، ١١٧
٢٤٦-٢٦٦
اختبارات اظهار البنية بالعامس الساخن
٢٥٠ ، ٢٥٣
اختبارات التنب والكلال ٢٩٢ ، ٢٩٤
اختبارات غير انهارية ٢٥٢ ، ٢٥٥
ازالة طبقة الاكسيد ٢٠٦ ، ٢٠٨
الاساليب الفنية في الحدادة التجارية ٣٠٥
٣٠٦
الاساليب الفنية المستخدمة في تشكيل
الكبس على الساخن ١٦١ ، ١٦٢ ، ١٧٠-١٧٢
١٧٢-
استبدال بنية مطروقات الصلب ٢٢١
الاسفنجية (بخيضة) ١٧ ، ١٨
اشلاخ ٢٩٠ ، ٢٩٢
اعادة الطرق ٣١٢
الافران
فرن متواصل يعمل تلقائيا ١٠٥
افران المدفعات ١٠٤ ، ٢٣٧ ، ٢٣٨
فرن مجهز بخصيرة نفذية ١٠٤
افران متواصلة ١٠٥ ، ١٠٦ ، ٢٣٧ ، ٢٣٨
افران كوربانية ٢١-٢٣ ، ٢٣٨
فرن يعمل بالنار ٢٣٨ ، ٢٩٧ ، ٢٩٨
افران تصليد ٢٢٤
افران المعاملة الصراوية ١٠١-١٠٨ ، ٢٣٧-٢٤٠
فرن بيجو هيلوجيني ٢٤٠

التنطيس والتحميض ٢٠٨ ، ٢٠٩
التفاوت ٢٠٦-٢١٠
تفاوت الحجم يمد تهذيب الاطراف ٢٠٨
تفاوت السمك ٢٠٦ ، ٢٠٧
تناقص الكربون في الصلب ٢٤٨
التنظيف بالرش ٢٠٨ ، ٢٠٩
تنظيف المطروقات ٢٠٦-٢١٨
اتتهذيب ١١٦ ، ١١٨ ، ١٢٠ ، ١٢٩ ، ١٣١ ، ٢٠٠
توصيلة حركة الدوران ٢٧
(ج)
جهاز طارد يعمل تلقائيا (أوتوماتيا) ١٦٣
١٦٦-
جودة السطح ٢٩٠-٣٠٥
جيوب ١١٨-١٢١ ، ٢٩٠ ، ٢٩١
(ح)
حد الفصل في القالب ٢٩١ ، ٢٩٢
حد المرونة ١٢
الحدادة
الحدادة في المصور القديمة ١-٦ ، ٣٧ ، ٤٠
٤٣-
تنظيف وتنطيب المطروقات ٢٠٦-٢١٨
قوالب وآلات الحدادة ٢٦٧-٢٨٧
الحدادة المتناظرة ٦-٨ ، ٧٦-١١١ ، ٢١٣ ، ٣٠٤
الحدادة اليدوية ٦-٨ ، ٣٧-٦١
التسخين للحدادة ٢ ، ٤٤ ، ٢١٩ - ٢٤٥
الحدادة بالطرق المتناظرة ١٢ ، ١٣ ، ٧٦-١٣٣
لخص واختيار المطروقات ٨١ ، ٨٢ ، ٢١٧ ، ٢٤٦ - ٢٦٦
الحدادة بالكبس ٦-٨ ، ١٦١-
١٨٠ ، ٢٧٩ ، ٣٠٤
وسائل الحدادة ١٨٢-٢٠٤
الحدادة في الاقتاج الحديث ٦-٨
الحدادة بالطرق الميكانيكية ٦٢-٧٥
الحدادة بالكبس بالتعريف ٤٩ ، ٥٠ ، ٦-٨
١٣٤ ، ١٦٠ ، ٢٧٩ ، ٢٨٤
تصميم منتجات الحدادة ٢٨٨ ، ٢٩٥
الامن والسلامة في أثناء اجراء عمليات
الحدادة ٢٩٦-٣٠١

تدابير الامن والسلامة ٢٩٦-٣٠٠
التوس
خامة ترس ١٤٧-١٤٩
ترس مجنح ١٦٨ ، ١٦٩
المتناظرة
الحدادة المتناظرة بالقوالب ١٢ ، ١٣ ، ١٧٦
١٢٤
طريقة الصدمات أو البثق الى اعلى ١٩٣ ، ١٩٤
التسخين في احواش (حمامات) بهما
سائل ٢٤٠-٢٤٥
التسخين للحدادة ٢ ، ٤٤ ، ٢١٩-٢٤٥
تنطيب المطروقات ١٢٠ ، ٢٠٦-٢١٨
التشغيل على اليد ٢٣٤-٢٣٦
التشغيل المعادن على الساخن ٢٥-٣١ ، ١٦١ ، ١٦٣ ، ٢٣٤ ، ٢٤٨
تشققات ٢٥٣
تشكيل الاسطح المائلة ٧٢ ، ٧٣
تشكيل الآلات المتناظرة بالحدادة اليدوية ٥٦
٦١-
تشكيل توصيلة مربية بالحدادة ١٢٤
تشكيل فزاع توصيل بالحدادة ٨٥ - ٨٩ ، ١١٢-١١٨ ، ٢٧٥
تشكيل الصلب بالدوران السريع بالتشغيل
على الساخن ١٩٤-١٩٧
تشكيل القطع التي بها بروزات ونعوم
بالحدادة ١٢٩ - ١٣١
تشكيل كريات كراسي دوران بالحدادة ١٢٥ ، ١٢٦
تشكيل المراسم غير الملحومة على الساخن
٢٠٨ ، ٢١٠
التصليد
تصليد سبائك الالومنيوم ٢٢٤-٢٣٧
فرن تصليد ٢٢٤
التصليد الترسيمي ٢٣٦ ، ٢٢٧
تصليد مطروقات الصلب ٢٢١ ، ٢٢٤ ، ٢٣١-٢٣٦
التصليد بالذهب ٢٣٠-٢٣١
التصليد بالحث الكهربى ٢٢٦ - ٢٣٠
تصميم المطروقات والقوالب ٢٦٧ ، ٢٦٨ ، ٢٨٨-٢٩٥
تصميم منتجات للحدادة ٢٨٨ - ٢٩٥

سحب أقراص من المعدن ١٨٥-١٨٧
سحب المعدن ٤٨ ، ١٨٧-١٨٥ ، ١٩٨ ،

٢٢٤ ، ٢٢٥

سحب المعدن على الباراد ، تعريف ١٩٨

سحب المعدن على الساخن ١٨٥-١٨٧

السك ، تحديد الشكل ١٥٧ ، ١٥٨ ، ١٧٩ ،

١٨٠ ، ٢١٣ ، ٢٠٥

سبك مستدير ٤١ ، ٤٢

سفال (سندان) ٤٠ ، ٩٩

السيمنتيت ، تعريفه ٢٢٤

(سيندة) ٢٢٢

(ش)

شبيقات الصلب ١٤-٢١ ، ٢٤٨

شبيقات أو كتل معدنية ٣١ ، ١٩٧ ، ٢٦٧

» شبيقة » ٢٢٤

(ص)

الصدأ ٢٥٢

صدم الصلب بكريات من المعدن ٢١١-٢١٢

صلادة المواد ١٢

الصلب

انابيب الصلب الملحومة ١٩٨-٢٠٢

تويب أنواع الصلب ٢٤ ، ٢٥

تشكيل الصلب بالدوران السريع بالتشغيل

على الساخن ١٦٤-١٩٧

التعرف على أنواع الصلب المختلفة ٢٥٥-

٢٦٥

تنافس الكربون في الصلب ٢٤٨

درفلة الصلب على الساخن ٢٥-٢١

صلب أسفنجي ١٩

صلب مبياني ٣٠٤ ، ٢٠٥

صلب كربوني ٢٠٤

صلب مفتول ١٩

صلب مكس (مكسد) ١٩٧

صلب لا يصدأ ٢٠٥

منامة الصلب ٢١-٢٤

خطوط انسياب الياف الصلب ٢٣-٣٥

قوالب تشكيل كرات الصلب ١٢٥ ، ١٢٦

كتل الصلب ١٩٧ ، ٢٦٧

لون الأكاسيد على الصلب الساخن ٢٢٥

صور متالوجرافية ٢٩٢

الاساليب الفنية القياسية المتبعة للتشكيل
بقوالب التشكيل والتفاوت فيها ٢٠٢-

٢١٠

مجموعة من المصطلحات الفنية المستعملة في

الحدادة ٢٢١-٢٤٥

الحدادة على الباراد ١٧٤-١٧٨

حدادة الضغط على الباراد ١٥٧ ، ١٥٨

حدادة قطع غير منتظمة الشكل ١٢٦-١٢٩ ،

٢٠٥

حدادة معدن مستدير المقطع ٤٩

حدادة ظلم خراطة نسوية جانبية ٥٩

حدادة دقيقة ٢١٥-٢١٧

حدود الفصل ٢٩١ ، ٢٩٢

الحديد ٢٠٥

الحديد الخام ٢١

حفرات الاستنقاغ الحواري ٢١

حمامات رصاص مصهور ٢٤٠

حمامات زيت ٢٤٠

حمامات السوائل ٢٤٠-٢٤٥

حمامات ملح ٢٤١

(خ)

خبث ٢١ ، ١٣٤

(د)

درجات حرارة الحدادة ٤٤-٤٦ ، ١٠٨ ،

٢٤٣ ، ٢١٧

درفلة الصلب على الساخن ٢٥-٢١

درفلة المعدن الساخن ٢٥-٢١

دورانات ٢٨٩ ، ٣١٠

دورانات في الطرقات ٢٨٩

(ر)

الراس القائمة ، تعريف ١٦١

الرج والهز في براميل التنظيف ٢٠٨ ، ٢٠٩

الرش بالرمل ٢٠٩

الرش بكريات معدنية صغيرة ٢٠٩

(ز)

الزمانف ٨٥ ، ١١٦ ، ١١٨ ، ١٢٥ ، ١٢٩ ،

١٣١ ، ٢٠٠

(س)

سيالك ٢١٣ ، ٢٢٤-٢٢٧ ، ٢٨٨ ، ٢٠٤ ،

٢٠٥

السبكة الدقيقة ٢١٥

قلم خراطه شكل بالحدادة بحد قطع مصنوع
من المس ٥٨
قواعد وقوانين الامن والسلامة القومية المنتجة
في الولايات المتحدة ٢٩٨، ٢٩٧
القسم ١٢

استعمال القوالب ٢٠٦، ٢٠٥
تصميم أطروقات والقوالب ٢٦٧، ٢٦٨، ٢٨٨
٢٩٥

مكب سيالكى للقوالب ٢٨٨
فراغات تحديد النهايات أو الاطراف في
القوالب ١٢٤

نراغات التشطيب في القوالب ١٢٢، ١٢١، ١١٦
١٢٥، ١٢٨، ١٣١، ٢٧٠، ٢٧٢
فراغات القوالب ٣١٠، ٣٠٩، ٣٠٨، ٣٠٧، ٣٠٦، ٣٠٥
قوالب اسطوانية ١٨٤

قالب تحديد النهايات أو الاطراف ، تعريف
٨٥

قوالب تشكيل ١٢١ ، ١٢٢ ، ١٢٧ ، ٢٦٩ -
٢٧٧

قوالب تشكيل من النوع القفل ٤٥٤، ٨٤-٨٨،
١١٩، ١٢٤، ١٢٨، ١٣٠، ١٣١، ١٣٢، ١٣٣، ١٣٤، ١٣٥،
١٣٨، ١٤٧ ، ٢٦٨ — ٢٧٠ ، ٢٧٧ ،

٢٧٩
قوالب التشكيل المستعملة في الكبس السريع
٢٨٤، ٢٧٩

قوالب تشكيل كريات الصلب ١٢٥ ، ١٢٦
قوالب التشطيب ، تعريف ٨٥

قوالب التهذيب ١١٨ ، ١٢٠ ، ١٢٢ ، ١٣١
قوالب الحدادة بالكبس ١٦٥ ، ١٦٦ — ١٧٠،
٢٧٩

قوالب شيط ١١٢ ، ١١٩ ، ١٢٠ ، ١٢٨ ،
١٣٠ ، ٢٧٧ ، ٢٧٨

قوالب مجزاة ١٨٢ — ١٨٤
قوالب متداخلة ٢٨٩

قوالب مسطحة ١٣٤ — ١٣٦ ، ٢٦٧ ، ٢٦٨
قوالب نصف اسطوانية ١٨٤

مقادير تفاوت تاكل القوالب ٢٠٧ ، ٢٠٨
(ك)

كسر ٢٥٣، ٢٥٢

كور الحداد ٤٣٤، ٤٣٥

(ل)

اللحام بالحدادة اليدوية ٥٣ - ٥٦
عمليات اللحام ١٦٨

(م)

شيط ١٥٧ ، ١٥٨ ، ١٧٩ ، ١٨٠ ، ١٩٨ ،
٢٠٥

(ط)

طريقة « بسم » ٢٣ ، ٢٤

طريقة تفذية العمود ١٦٢-١٦٦

طريقة « توكو » ٢٢٦

طريقة الفون المفتوح ٢١ ، ٢٢

طريقة « هوكر » ١٩٢ ، ١٩٣

(ع)

عدد وادوات بأيد مرنة ٧٢ ، ٧٣

عمليات تفريم ٤١ ، ٤٢ ، ١٠٨ ، ١٢٠

عملية التشطيب ١١٢-١٣٠

عملية تكوير حبيبات البنية ٢٢٤

عملية درفلة ٢٥-٣١ ، ١١٢-١١٣ ، ١١٩ ،
١٢٠

عملية رش اذرع توصيل بالكريات ١٨٢-١٨٣

عملية اللف ٤١ ، ٤٨ ، ٧٢ ، ٧٣ ، ٧٤ ،
١١٣

عملية لف وتدوير ٥٠ ، ١٧٨-١٨٠ ، ٢٠٢

ميوب المطروقات ٢٤٧ ، ٢٤٨

ميون كهربائية ١٠٦ ، ١٠٧

(غ)

الغريت (الحديد اللين) ، تعريف ٢٢٤

(ف)

الفحص بالعين المجردة او بعدسة تكبير صغيرة
٢٥٠

الفحص بالمجهر (الميكروسكوب) ٢٥٠ ،
٢٥٤

فراغات تحديد النهايات أو الاطراف في القوالب
١٢٤

فراغات التشطيب ١١٦ ، ١٢١ ، ١٢٢ - ١٢٥،
١٢٨-١٣١، ٢٧٠-٢٧٢

فراغات كتل القوالب ٢٧٣ - ٢٧٧
فن من الفنون الميكانيكية القديمة ٤-٤

(ق)

القشور ٢٧٢-٢٧٠، ١٣١، ٢٢١

القشور على المطروقات ١٦٠ ، ٢٠٦ ، ٢٠٨ ،
٢٥٢

تعبان لملل مجارى أو حوز ٧٩ ، ٧٥

- لمح بالصر ١٩٨
لمح الشفة على الشفة ١٩٨ ، ٢٠٠ ، ٢٠١
اللمحات ٢٥٣
لدونه (معجونية) المادن ٤٤١
الف على البار ١٧٨-١٨٠
لف المادن على الساخن ٢٠٢
لقط ٤٠
لون طبقة الاكسيد على الصلب المسخن
٢٢٥
الى ١٢
- (م)
- ماتة الواد ١٣
مجبلى او جزور ٧٤ ، ٧٥ ، ٩٣ ، ٩٩
١١٢
مجرى او فراغ الزوائد ، تعريف ٢٧٤٨٥
مجموعة من المصطلحات الفنية المستعملة في
الحدادة ٣٢٢ ، ٣٤٨
مدى الدقة (التفاوت والتسامح) في
التصميم ٢٨٩ ، ٢٩٠
مدى الدقة (التفاوت والتسامح) في
الاستدقاق ٢٨٩
المراجع ٣١٦-٣٢٠
المراجعة ٦١ ، ١٢٦ ، ٢٢٤ ، ٢٢٥
الوان المراجعة ٢٢٥ ، ٢٢٦
مراق مجهر بدراع متحرك ومزلاج متحرك
١٠٩
المسامية ٢٥٣
مسند دافع هيدرولى ١٨٧
مشغولات مصنوعة بالضغط في قوالب ١٥٦
١٥٧
مصب ٢٧٢
مصبوبات الرصاص ٢٧٢ ، ٢٧٣
مطارق بخارية ٦٤ - ٦٦ ، ٧٧ ، ٨٣ ، ٨٤
مطارق تعمل بالهواء المضغوط ٦٦ - ٦٨
مطارق حدادة ٤٠
المطارق المتساقطة البخارية ٨٣٧ ، ٩٣٠ ، ٩٩٩
١٠٠
مطارق ميكانيكية ٣ ، ٦ ، ٦٢ ، ٧٥
مطرقة تعمل بالهواء المضغوط ٦٦-٦٨
طاقة الطرقة واثار التشكيل في عملية الحدادة
٩٧-١٠٠
- مطرقة متساقطة باللوح ٨٨٨٢٣٨٢٧٧ - ٩٤
مطرقة متساقطة انتاج شركة « سيكو » ٩٢
مطرقة متساقطة ٨٢-٨٤
مطرقة متساقطة تعمل بالجلابية ٩٣ ، ٩٩ ، ١٠٠
مطرقة الحدادة اليدوية ٢٨
مطرقة برافعة ٦٤
مطرقة ميكانيكية ٦٢٧٩٦٢-٧٥
مجموعة مطرق - اظم مطارق ٤١
مطرقة بخارية ٦٤ - ٦٦ ، ٧٧ ، ٨٣ ، ٨٤
مطرقة متساقطة بخارية ٧ ، ٨٣ ، ٩٣ ، ٩٩
١٠٠-٩٩
مطرقة لمح ١٨٩
مطروقات البرونز ٢٠٥
مطروقات الحدادة بالكبس - ٨ ، ١٦١ -
١٨٠ ، ٢٧٩ ، ٢٠٤
مطروقات الحدادة المتساقطة ٨٠-٧٦-١١١
٢١٢ ، ٢٠٤
المطروقات الساخنة ٢٩٨
مطروقات الصلب
تخمين مطروقات الصلب ٢٢٠،٢٢١
تصليد مطروقات الصلب ٢٢١-٢٢٤-٢٢٦
٢٢١
اختيار اظهار بنية مطروقات الصلب بالحامض
الساخن ٢٥٣
استعداد بنية مطروقات الصلب ٢٢١
نقص مطروقات الصلب ٢٤٨ - ٢٥٢
مراجعة مطروقات الصلب ٢٢٤ ، ٢٢٥
معالجة مطروقات الصلب حراريا ٢١٩ ، ٢٢٠ ، ٢٢١
٢٢١ - ٢٢٤
المطروقات غير الحديدية ١٥٤ - ١٥٧-٢٢٤
٢٨٥،٢٧٧،٢٣٧
مطروقات غير حديدية مشغلة بالضغط على
الساخن ١٥٤-١٥٧
مطروقات قوالب التشكيل ١١٦،١٢١،١٢٢ ،
١٢٤-١٣١ ، ١٥٠-١٥١ ، ٢٧٠-٢٧٢-٢٠٢
٣١٠ -
مطروقات القوالب من النوع الفتوح ١٢٤ -
١٤١
مطروقات النحاس الاحمر ٣٠٥
مطروقات النحاس الاصفر ٣٠٥

- لمح بالصر ١٩٨
لمح الشفة على الشفة ١٩٨ ، ٢٠٠ ، ٢٠١
اللمحات ٢٥٣
لدونه (معجونية) المادن ٤٤١
الف على البار ١٧٨-١٨٠
لف المادن على الساخن ٢٠٢
لقط ٤٠
لون طبقة الاكسيد على الصلب المسخن
٢٢٥
الى ١٢
- (م)
- ماتة الواد ١٣
مجبلى او جزور ٧٤ ، ٧٥ ، ٩٣ ، ٩٩
١١٢
مجرى او فراغ الزوائد ، تعريف ٢٧٤٨٥
مجموعة من المصطلحات الفنية المستعملة في
الحدادة ٣٢٢ ، ٣٤٨
مدى الدقة (التفاوت والتسامح) في
التصميم ٢٨٩ ، ٢٩٠
مدى الدقة (التفاوت والتسامح) في
الاستدقاق ٢٨٩
المراجع ٣١٦-٣٢٠
المراجعة ٦١ ، ١٢٦ ، ٢٢٤ ، ٢٢٥
الوان المراجعة ٢٢٥ ، ٢٢٦
مراق مجهر بدراع متحرك ومزلاج متحرك
١٠٩
المسامية ٢٥٣
مسند دافع هيدرولى ١٨٧
مشغولات مصنوعة بالضغط في قوالب ١٥٦
١٥٧
مصب ٢٧٢
مصبوبات الرصاص ٢٧٢ ، ٢٧٣
مطارق بخارية ٦٤ - ٦٦ ، ٧٧ ، ٨٣ ، ٨٤
مطارق تعمل بالهواء المضغوط ٦٦ - ٦٨
مطارق حدادة ٤٠
المطارق المتساقطة البخارية ٨٣٧ ، ٩٣٠ ، ٩٩٩
١٠٠
مطارق ميكانيكية ٣ ، ٦ ، ٦٢ ، ٧٥
مطرقة تعمل بالهواء المضغوط ٦٦-٦٨
طاقة الطرقة واثار التشكيل في عملية الحدادة
٩٧-١٠٠

المكبس	المعامل الحرارية المحلولة ٢٣٦
مكبس بنق ١٨٨ ١٨٩	معدات نقل المواد وتناولها ١٠٩٤١٠٨
مكبس تخريم هيدرولي ١٨٧	المعدن (الفنر)
مكبس تهذيب ١٠٨ ١٢٩ ١٣١	بنق المعدن ١٨٧ ١٩٤ ٢٨٤ ٢٨٥
مكبس الحدادة بالضغط ٥ - ١٦٠٠١٢٤٤٨	تخريم المعدن هيدرولي على الساخن ١٨٥ -
٢٨٤ ٢٧٩	١٨٧
مكبس حدادة هيدرولي ١٤١ - ١٤٦ ١٥٧	تخمير المعدن ٢٤٣
١٥٨	تشغيل المعدن على الساخن ٢٥-١٦٣٤١٦١٤٣١
الكسفات	٢٤٨ ٢٤٣
الحدادة بالكسفات او بالكبس على الساخن	خامة (من المعدن) ١١٩ ١٢١ - ١٢٨٤ ١٢٥
٣٠٤	١٢٦
مكتبة انتاج شركة « اجاكس » ١٤٢ ١٥١	حجم المعدن ٥٠ ٥١
١٨٣ ١٦٤ ١٦٣	درجة حرارة دقولة المعدن ٢٥ - ٣١
مكتبة التني والصني الثقيلة ٢٠٣ - ٢٠٤	دقولة المعدن ٤٨ ١٨٥ - ١٨٧ ١٩٨
مكتبة حدادة بفرانيل ١٨٢ ١٨٣ ١٨٥	٢٢٤ ٢٢٥
مكتبات الحدادة بالكبس بالتفذية الاوتوماتية	لدونة (مسبوكة) المعدن ٤٤١
١٧٢	لف المعادن على الساخن ٢٠٢
مكتبة الرش بالقوة المركزية الطاردة ٢٠٩	معدن قابل للتشكيل بالحدادة ٢٩٥ ٣٠٤
٢١٠	٣٠٥
مهندس الحدادة ٧	معدن محروق ٢٤٨
مواد مسامدة ٥٤	مقاومة الشد ١٤١٠
مواشير غير ملحومة ٢٠٨ ٢١٠	المعدن بعد تشكيله بالتني ٢٢٢ ٢٢٣
المواشير والانابيب ٢٠٨ - ٢١٣	اجهاد التني ١٢
(ن)	المنسوجات ، استعماله ٣٠٥
النتردة ٢٣٢ ٢٣٤	مقادير التفاوت الدورالت والاركان ٣١٠
التيكال وسبائك التيكال ، والنحاس الاحمر	مقادير التفاوت في الكبيات ٣٠٩ ٣١٠
٣٠٥	مقاطع ٧٣-٧٠ ٥٧٤٠
(و)	مقاومة الشد ١٠ ١١
وقود مسائل ٢١٧ ٢١٩	مقياس درجة الحرارة الزدوجة الحرارية
وتش نقالي - متحرك ١٣	الكهربائية ٤٥ ٤٦
	مكابس الحدادة الميكانيكية والهيدرولية ١٤١-
	١٥٨٤ ١٥٧ ١٤٦

مطابع دار التلم بالقاهرة

هَذَا الْكِتَابُ

أدى التقدم السريع في الصناعة وإنتاج الآلات إلى التغاضي عن المؤلفات السالفة في ذلك الميدان . فقد كان من أثر التقدم الفني أن ازداد الإنتاج وإمكاناته بتكاليف قليلة ، كما اتسعت الفرصة أمام الصناع والعاملين في ميدان الصناعة .

وهذا الكتاب يبحث في أنواع الحدادة على اختلاف أشكالها ويقدم للباحثين والمتخصصين والصناع والعاملين في ذلك الميدان خدمة جليلة هم في أمس الحاجة إليها ، ويزودهم بالشرح والرسومات والصور المفصلة القيمة التي أعدت خصيصاً لتوفير الدقة والوضوح لهم .



Bibliotheca Alexandrina



0572629

عام ١٩٦٢

العدد ٦٠